

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. P. Gedigk

**Vergleichende Untersuchung über
die Gewichtszunahme der Beckenarterien,
der A. femoralis und der Aorta
mit fortschreitendem Alter**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Mahmud Moinian-Bagheri

aus Wiesbaden

Marburg/Lahn 1966



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. P. Gedigk

**Vergleichende Untersuchung über
die Gewichtszunahme der Beckenarterien,
der A. femoralis und der Aorta
mit fortschreitendem Alter**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg/Lahn

vorgelegt von

Mahmud Moinian-Bagheri

aus Wiesbaden

Marburg/Lahn 1966



Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	Seite	1	-	3
II. Material und Methodik	"	4	-	10
III. Literaturübersicht	"	11	-	28
IV. Eigene Befunde	"	29	-	52
V. Zusammenfassung	"	53	-	54
VI. Literaturverzeichnis	"	55	-	60

Angenommen von der Medizinischen Fakultät

der Universität Marburg am 23.6.1966

Dekan Prof. Dr. O. Braun - Falco

Referent: Prof. Dr. W. W. Meyer

Correferent: Prof. Dr. P. Gedigk

Einleitung

Die Weite, die Länge, die Wandstärke und somit auch die Gesamtwandmasse der arteriellen Gefäße nimmt bekanntlich nicht nur während des Wachstums, sondern auch in dem darauffolgenden Leben bis in das höchste Alter ständig zu. Dies trifft zumindest für die bereits durchuntersuchten großen und mittleren Arterien sowie für einige Venen zu (vergl. die Literaturübersicht, S. 11, 16, 26). Die Abnützung der Gefäßwände unter der andauernden mechanischen Beanspruchung durch den Innendruck äußert sich somit nicht - wie man im Hinblick auf einige Beispiele aus der Welt der Technik erwarten könnte - in einer zunehmenden Wandverdünnung. Das Gefäßrohr gibt zwar im Verlauf des Lebens in einem gewissen Umfang dem Innendruck nach und weitet sich etwas aus, doch tritt zugleich - im Unterschied zu dem Verschleiß eines nicht organisierten Substrates - eine bemerkenswerte Vermehrung des Wandmaterials und eine auffällige diffuse Wandverstärkung ein. Hierbei wird auch die Zunahme der Wandspannung, die sich zwangsläufig aus der fortschreitenden Weitstellung des Gefäßrohres ergibt, aufgefangen. Bei dieser Wandverstärkung handelt es sich aber weniger um eine harmonische Vermehrung funktionell "vollwertiger" Strukturen, sondern vielmehr um einen Einbau von kollagenen Fasergeflechten und die Ablagerung von anderen Substanzen, die zum Teil als "Ballaststoffe" aufgefaßt werden können.

Diese durch eine fortdauernde kreislaufmechanische Beanspruchung stattfindenden Umbauvorgänge verleihen der Biomorphose des Gefäßsystems ein besonderes Gepräge. Während die meisten Organe und Gewebe des menschlichen Körpers mit dem fortschreitenden Alter und einer nachlassenden funktionellen

Beanspruchung an Masse abnehmen, tritt an den Arterien und Venen eine auffällige, zunehmende Verstärkung und Vermehrung einiger ihrer Strukturelemente ein. In Bezug auf die Biomorphose nimmt somit das Gefäßsystem, und in erster Linie das System der Arterien, unter den anderen Organen des menschlichen Körpers eine Sonderstellung ein.

Wie aus der folgenden Literaturübersicht zu ersehen ist, kann das Fortschreiten bzw. das Ausmaß der altersgebundenen Veränderungen der Gefäßwand mit relativ einfachen Mitteln erfaßt werden. Schon die Umfangsmessungen und Bestimmungen der Wanddicke, wie sie bereits im vorigen Jahrhundert ausgeführt wurden, haben den ersten orientierenden Einblick in die Lebenswandlungen mehrerer Arterienstämme vermittelt. Planimetrische Untersuchungen und das Wiegen einiger Arterien bzw. wohl abgrenzbarer Arterien- und Venenstrecken trugen einer genaueren quantitativen Erfassung der altersgebundenen Wandverstärkung bei. Inzwischen hat man mit diesen beiden Methoden genauere Daten über das Verhalten der Wandmasse mehrerer Arterien und Venen gewinnen können. Über die altersgebundene Massenzunahme der Wandung anderer Arterien liegen aber immer noch keine oder keine genaueren Zahlen vor. Dies trifft unter anderem für die Beckenarterien zu. Während die altersgebundene Abwandlung des Gewichtes der ihm vorgeschalteten Aorta, teilweise auch der distal folgenden A. femoralis bereits erfaßt wurde, ist über das Verhalten der Gewichte der Beckenarterien mit dem fortschreitenden Alter noch nichts bekannt. Die Biomorphose dieser Arterien verdient aber einer besonderen Aufmerksamkeit, da sie erfahrungsgemäß von der Atherosklerose oft und stark befallen werden und nicht selten den Sitz folgenschwerer "Verschlußkrankheiten" bilden.

Es erschien uns daher berechtigt, die Massenzunahme der Beckenarterien durch Wiegen entsprechend freipräparierter Gefäßstrecken zu bestimmen und sie der Abwandlung der Gewichte der Aorta und der A. femoralis am gleichen Sektionsmaterial gegenüberzustellen. Durch eine solche Untersuchung hofften wir eine Lücke in unseren Kenntnissen über die Biomorphose des Arteriensystems schließen zu können.

Material und Methodik

In 95 Sektionsfällen wurden die Gewichte der freipräparierten gesamten Aorta, der beiden A. a. ilicae communes, der beiden A. a. ilicae externae samt dem oberen Abschnitt der A. femoralis bis zum Abgang der A. profunda femoris, ebenfalls beiderseits, und des unmittelbar darauf folgenden 10 cm langen Abschnittes der A. femoralis im frischen Zustand festgestellt. Die Arterien stammten nur von männlichen Verstorbenen im Alter von 17 - 80 Jahren. Zeichen eines Hochdruckes waren bei diesen Individuen weder klinisch noch bei der Sektion feststellbar.

Wie soeben darauf hingewiesen, haben wir die A. ilica externa zusammen mit dem oberen Abschnitt der Femoralarterie gewogen. Dies erschien uns unumgänglich, da die Grenze zwischen der A. ilica externa und A. femoralis nur durch die Beziehung des Arterienrohres zu den umgebenden Gewebsanteilen (lig. inguinale) gegeben wird. Die beiden Arterien bilden aber in Wirklichkeit ein kontinuierliches Arterienrohr, an dem nach der Herausnahme aus dem Körper die Grenze zwischen den beiden Arterien nicht feststellbar ist. Um stets die gleiche Arterienstrecke zu wiegen, wurden von uns die Extremitätenarterien in situ erst dicht unterhalb des Abganges der A. profunda femoris durchtrennt und das Gewicht der gesamten Strecke zwischen den Abgängen der A. ilica interna und A. profunda femoris ermittelt.

Neben dem Gesamtgewicht der Aorta ermittelten wir auch das Gewicht ihres Brust- und Bauchabschnittes. Da bei den

Sektionen die Brustaorta zusammen mit den Hals- und Brustorganen entnommen und hierbei von Fall zu Fall in etwas unterschiedlicher Höhe über dem Zwerchfell durchtrennt wurde, fiel der Sektionsschnitt nicht immer mit der Grenze der Brust- und Bauchaorta zusammen. Als genaue Grenze der proximalen und distalen Aortenteile, deren Gewichtszunahme gegenübergestellt werden sollte, wählten wir daher den oberen Rand des Abganges der A. coeliaca. Das Gewicht der "Brustaorta" schließt also an unserem Material auch einen schmalen oberen Teil der Bauchaorta ein.

Um stets einen gleich langen Abschnitt der Femoralarterie zu wiegen, wurde diese Arterie zunächst im oberen und mittleren Drittel des Oberschenkels freipräpariert. Danach legten wir dem Stamm der Arterie ein Lineal an, dessen oberes Ende bis an die untere Begrenzung des Abganges der A. profunda femoris herangeführt wurde. Erst danach schnitten wir die Femoralarterie 10 cm unterhalb des gesamten Abganges durch und nahmen das proximale Gefäßpräparat heraus.

Die entnommenen und noch nicht aufgeschnittenen Arterien wurden von ihrem umgebenden, locker dem Arterienrohr anhaftenden Fett- und Fasergewebe freipräpariert bis die faserreichere und fester anhaftende Adventitia sichtbar wurde. Um noch anhaftende Blut- und Blutgerinnsel-Reste zu entfernen, wurden die Gefäße vor dem Wiegen leicht mit Filterpapier abgetupft.

Die Angaben über das Gewicht der untersuchten Arterien sowie das Alter, Körpergewicht, Herzgewicht, den Grad der arteriosklerotischen Affektion und das Grundleiden des Verstorbenen wurden der Übersichtlichkeit wegen auf vorgedruckte Karteikarten übertragen (s. Abb. I).

Sex:
Alter:
Herzgewicht:
Aortengewicht:
AS - Grad:

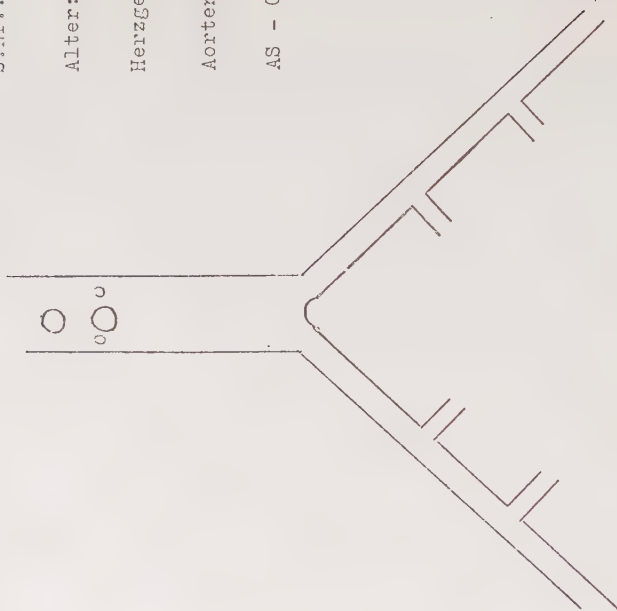


Abbildung I

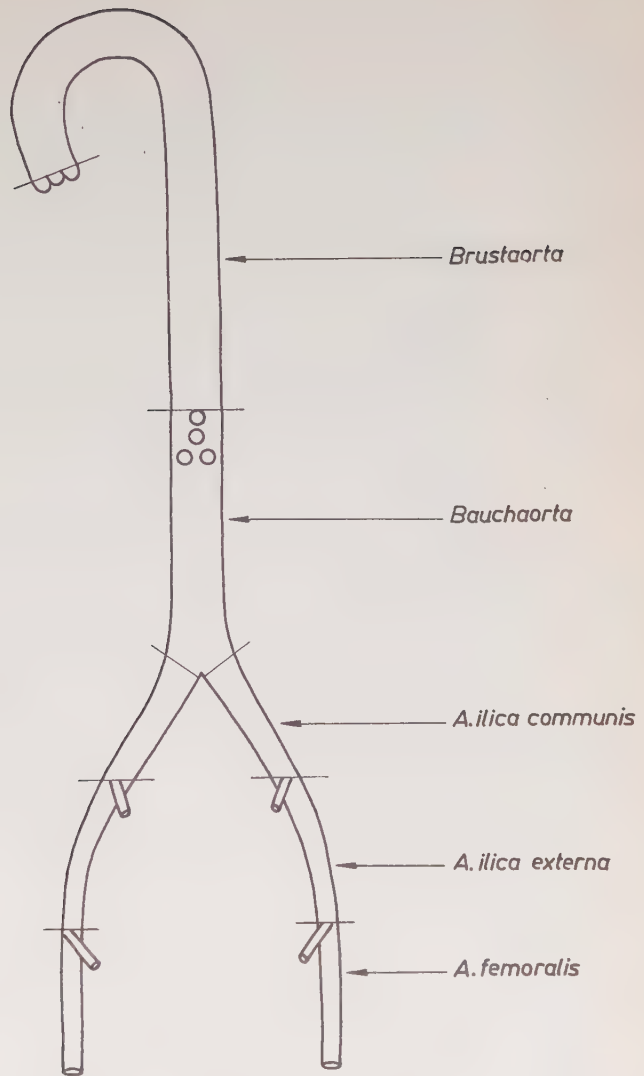


Abbildung II

Bei der Berechnung der Mittelwerte für Arterien Gewichte, Körpergewicht und Alter sowie für die Feststellung von Wechselbeziehungen zwischen diesen Größen wurde das Produktmoment-Verfahren angewandt. Hierbei wurde das untersuchte Material in 8 Altersgruppen bzw. -Klassen eingeteilt, die jeweils 8 Jahrgänge umfaßten (17 - 24 J.; 25 - 32 J. usw.). Dem Arterien Gewicht nach teilten wir das Material in 9 - 14 Gruppen bzw. Klassen ein. Bei der statistischen Untersuchung des Materials erwies sich als zweckmässig, nicht nur die Beziehung der absoluten Arterien Gewichte zum Alter, sondern auch der logarithmisierten Gewichte zum Alter zu verfolgen. - An den Femoralarterien versuchten wir auch die Beziehung zwischen dem Arterien Gewicht und Körpergewicht in analoger Weise zu ermitteln.

Ein Beispiel der Berechnung der Mittelwerte, der mittleren Abweichungen und der Korrelationen zwischen dem Alter und Arterien Gewicht geben wir ausführlich an den S. 33 u. 34 wieder. Siehe auch Tabelle I und II.

Auf Grund der Mittelwerte und Korrelationsgrößen wurden Regressionsgleichungen aufgestellt, aus denen die Abhängigkeit des Gewichts der jeweiligen Arterie vom Alter hervorgeht. Die Gleichungen ermöglichen die Errechnung des durchschnittlichen Arterien Gewichtes für alle Jahrgänge der untersuchten Lebensabschnitte.

Tabelle I

Alter Jahre	Aorta	Aorta Tho- racica	Aorta Ab- dominalis	Ilica Comm. rechts	Ilica Ex- terna rechts	Femoralis rechts	Ilica Comm. links	Ilica Externa links	Femora- lis links	Gesamtgewicht der Beckenar- terien
17-29 M	21,99	16,53		1,37	2,05	1,11	1,37	1,80	1,07	6,61
10 Fäl- le	21,18	15,35		0,23	0,44	0,18	0,32	0,51	0,15	1,07
30-39 M	1,30	1,12		0,15	0,15	0,30	0,11	0,19	0,50	0,99
7 Fäl- le	20,94	15,14		1,23	2,37	1,31	1,00	2,51	1,15	7,29
40-49 M	2,01	1,14		0,47	0,77	0,33	0,40	0,57	0,31	2,56
18 Fäl- le	2,13	2,31		0,19	0,31	0,15	0,10	0,23	0,13	1,09
50-59 M	59,11	59,36		2,17	3,80	2,02	2,38	3,49	1,83	12,18
18 Fäl- le	59,11	4,57		0,67	1,29	0,57	0,91	1,10	0,57	10,08
60-69 M	1,41	1,11		0,16	0,31	0,14	0,22	0,27	0,14	2,45
21 Fäl- le	54,91	41,95		2,98	4,50	2,05	2,75	4,49	1,55	15,15
70-79 M	12,26	9,48		1,40	1,31	0,66	1,27	1,40	0,67	5,13
30-39 F	2,12			0,31	0,29	0,15	0,28	0,33	0,19	1,47
10-19 F	51,60	44,96		3,84	5,18	2,40	3,08	5,00	2,35	18,07
16 Fäl- le	1,07	0,77		1,53	1,41	0,35	1,57	1,19	0,55	4,64
20-29 F	1,13			0,31	0,28	0,11	0,31	0,24	0,11	0,97
10-19 F	20,10	16,53		4,14	5,72	2,85	5,33	5,63	2,73	19,32
13 Fäl- le	5,33	5,39		1,57	1,37	0,45	1,29	1,05	0,45	4,94
30-39 F	1,23			0,45	0,40	0,13	0,37	0,50	0,13	1,34

M = Mittelwert

F = mittlere Abweichung

dm = mittlerer Fehler

Tabelle II: Beckenarterien

Log. Gew. Alter	0,50-	0,70-	0,80-	0,90-	1,00-	1,10-	1,20-	1,30-	1,40-	1,50-	Sfx	Σx^2	Sfxx	$Sfxx^2$	Sfxy	S(fxy)x
1/-	1	2	6								9	-4	16	-36	14	-22
2/-			2	1							3	-3	9	-9	27	-5
3/-			3	2	2		1				8	-2	4	-16	32	-6
4/-			2	2	6	2	1	1			14	-1	1	-14	14	+1
5/-				1	6	4	3		1	1	16	0	0	0	0	0
6/-					4	5	5	3	1		18	1	1	18	28	28
73				1	1	4	5	8	1		20	2	4	40	80	41
Sly	1	2	13	7	19	17	16	15	4	1	95			44	378	+54
y	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5						
y ²	16	9	4	1	0	1	4	9	16	25						
Sfy	-4	-6	-26	-7	0	17	32	45	16	5	72					
Sfyy ²	16	18	52	7	0	17	64	135	64	5	378					

V_{1y}	=	0,7579	V_{1x}	=	0,0421	r_{yx}	=	0,7780
V_{ly}^2	=	0,5744	V_{lx}^2	=	0,0018	r_{2yx}	=	0,6053
V_{2y}	=	3,9789	V_{2x}	=	3,9789	d_{yx}	=	0,0333
d_y	=	1,8451	d_x	=	1,9943	(% r_{yx})	=	79,65
S_y	=	0,1345	S_x	=	15,9544	γ	=	0,6458 + 0,009 · x
l_y	=	1,129	M_x	=	53,3368	b_{yx}	=	0,009

Literaturübersicht

Die erste orientierende Vorstellung über die Lebenswandlungen der Arterien haben systematische Messungen der *Arterienumfänge* vermittelt, über die F. W. BENEKE bereits 1879 eingehend berichtet hat. Er untersuchte die Umfänge der Aorta ascendens 1 cm oberhalb des Klappenrandes, der Aorta thoracica 10 - 12 cm unterhalb der Abgangsstelle der Arteria subclavia sinistra, der Aorta abdominalis 1 - 2 cm oberhalb der Bifurkation, der A. pulmonalis 1 cm oberhalb des Klappenrandes, der Carotiden und der Aa. subclaviae 1 cm oberhalb ihrer Abgangsstelle von der Aorta und der Aa. ilicae communes kurz unterhalb der Aorten-Bifurkation. BENEKE weist darauf hin, daß sämtliche großen Arterienstämme des menschlichen Körpers von Beginn des Lebens bis zum natürlichen Tode ständig an Umfang zunehmen, und zwar am stärksten in den ersten Lebensjahren und in der Pubertätszeit. Etwas abweichend verhalten sich nach Feststellungen von BENEKE die Carotiden. Bei der Geburt sind die Carotiden offenbar aufgrund ihrer Abhängigkeit von den besonderen Körperproportionen des Neugeborenen im Vergleich zu den anderen Arterien, insbesondere zum Aortenbogen, auffallend groß. Durch das schnellere Wachstum des Rumpfes und der unteren Extremitäten ändert sich aber dieses Verhältnis, so daß die langsamer wachsenden Carotiden im Vergleich zur Aorta nach und nach relativ kleiner werden. Nach Vollendung der Pubertät nehmen die Halsschlagadern nur gering am Umfang zu. Vom 21. bis 80. Lebensjahr beträgt der Umfangszuwachs nach BENEKE nur 1 - 2 mm. In der gleichen Lebensperiode weisen dagegen beispielsweise die Iliacalarterien eine wesentlich größere Umfangszunahme (6 - 9 mm) auf. Auch die Umfangsvergrößerung der Aa. subclaviae ist in der gleichen Zeitspanne geringer

als die der *Aa. ilicae communes*. Im Neugeborenenalter besitzen diese und die *Aa. subclaviae* mit fast 9 mm nahezu den gleichen Umfang; bald aber ändert sich dieses Verhältnis zugunsten von Iliacalgefäßen, so daß im 4. Lebensjahr bereits die *Aa. ilicae communes* um ca. 5 mm weiter sind als die *Aa. subclaviae*. In den nachfolgenden Altersstufen nehmen die *Aa. subclaviae* etwas stärker an Umfang zu. Dadurch wird das ursprüngliche Verhältnis zwischen den Umfängen beider Arterien nach und nach wieder erreicht. Ebenfalls als erster hat F. W. BENEKE vergleichende Umfangsmessungen an Pulmonalis und Aorta durchgeführt. Seine Untersuchungen ergaben, daß *A. pulmonalis* und Aorta auch nach dem Abschluß des Wachstums ständig an Umfang zunehmen. Er fand, daß die Pulmonalis bis zum Abschluß der Pubertät - 1 cm über den Semilunarklappen gemessen - weiter sei als die Aorta, die ebenfalls 1 cm oberhalb des Klappenrandes untersucht wurde. Da aber im Verlauf des späteren Lebens die Aortenweite stärker zunimmt, als die der Pulmonalis, tritt in dem mittleren Lebensabschnitt eine Umkehr der Verhältnisse ein, wobei in den 40er Jahren die Aorta eine entscheidende und mit dem Leben immer stärker ansteigende Umfangszunahme erkennen läßt. Eine Bestätigung dieser Ergebnisse finden wir auch in den Umfangsmessungen von SCHIELE-WIEGANDT (1880), die unter anderem auch die Umfänge von *A. pulmonalis*, 2 - 10 mm über den Klappen, und Aorta, ebenfalls 2 - 10 mm über den Klappen gemessen hat. Nach Angaben von SCHIELE-WIEGANDT ist die *A. pulmonalis* zwischen dem 40. und 50. Lebensjahr mit einem Umfang von 7,27 cm noch weiter als die Aorta, welche in der gleichen Lebensperiode einen Umfang von 6,99 cm zeigen soll. Erst zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr wird die Aorta um 0,19 cm (7,96 cm) weiter als die *A. pulmonalis* (7,77 cm). Auch die späteren Umfangsmessungen der Aorta und der *A. pulmonalis* von SCHEEL (1908), RÜSSELE (1910) und von MONCLERBERG (1921) zeigten, daß der stärker zu-

nehmende Umfang der Aorta - gemessen über den Similunarklappen - die Linie des Pulmonalisumfanges im Alter zwischen 45 und 50 Jahren kreuzt, um dann dauernd weiter anzusteigen. In einer statistischen Arbeit, welche rund 2 000 Beobachtungen umfaßt, gibt MÖNCKEBERG die Umfangszunahme der A. pulmonalis vom 18. bis 50. Lebensjahr mit 0,71 cm an, also von 6,53 cm auf 7,24 cm = 10,9 %. In der gleichen Zeitspanne soll aber die Aorta - über den Klappen - eine Umfangsvergrößerung von 5,75 cm auf 6,98 cm, also um 1,23 cm = 21,4 % zeigen. Der gleichen Quelle zufolge nimmt die Weite der Aorta thoracica, gemessen über dem Zwerchfell, in derselben Lebensperiode von rund 4,1 auf 4,88 cm, also um 20,5 % zu, während die Weite der Bauch-aorta, gemessen kurz über der Bifurkation, sich in dieser Zeit von 2,88 auf 3,76 cm, also um 30,6 % vergrößert. Diese Feststellungen stimmen mit den früheren Angaben von F. W. BENEKE (1879) überein. Er fand, daß die Umfangszunahme der Aorta thoracica - gemessen 10 - 12 cm unterhalb der Abgangsstelle von A. sub-clavia sinistra - während des ganzen Lebens fast genauso stark ist wie die der Aorta ascendens, gemessen 1 cm oberhalb des Klappenrandes. Auch die stärkere Umfangszunahme der Aorta abdominalis ging bereits aus den Beobachtungen von BENEKE hervor. BENEKE deckte ferner eine weitere interessante Besonderheit der postfetalen Entwicklung der Aorta abdominalis und der Aa. ilicae communes auf. Beide Gefäße weisen nach BENEKE in den ersten 3 Lebensmonaten im Vergleich zu den anderen Arterien nur eine geringe Umfangsabnahme (ca. 1 - 2 mm) auf. Dies hängt offenbar mit dem Sistieren des Umbilicalkreislaufes zusammen, das zunächst einen Abfall der funktionellen Beanspruchung der Bauchaorta, der Aa. ilicae communes und A. hypogastrica zur Folge hat. Unseres Wissens ist diese Feststellung bis jetzt noch von keinem anderen Autor nachgeprüft worden.

Fast 20 Jahre später (1897) hat SUTER ebenfalls Umfangsmessungen der Aorta vorgenommen. Von ihm ist allerdings nur die Aorta ascendens untersucht worden. SUTER gibt den Aortenumfang - gemessen über den Klappen - im 1. Lebensjahr durchschnittlich mit 27,4 mm an. Im 16. bis 20. Lebensjahr soll er 61,0 mm und zwischen dem 61. und 70. Lebensjahr 81,7 mm betragen. Die Ergebnisse von SUTER stimmen mit den späteren Umfangsmessungen von KANI, THIEL und MARTENS (1932) überein, wie dies aus der Tabelle III zu ersehen ist.

Tabelle III Arterienumfänge in cm nach Untersuchungen
von KANI, THIEL und MARTENS (1932):

Alter Jahre	A.pulm. ü.d.Kl.	Aorta üb. d.Klappen	Aorta am Zwerchfell	Aorta abdominalis ü.d.Bif.	A. ilica comm.	A.car. comm.	A.car. interna	A.sub-clav. dextr.
0 - 2	3,3	3,06	2,13	1,3	-	-	0,7	1,53
14-16	4,95	4,7	3,1	2,4	1,9	1,7	1,2	-
20-22	6,42	5,64	4,13	3,03	2,2	1,9	1,23	2,5
41-50	7,14	6,95	4,90	3,96	2,8	2,1	1,27	2,52
71-80	7,53	8,2	5,84	4,7	3,0	2,0	1,26	2.86

Neben den Umfangsmessungen wurden an der Aorta und an den anderen Gefäßen auch die Ringflächen (Querschnittsflächen der Arterienwand) sowie der gesamte Arterienquerschnitt mehrfach ermittelt. So untersuchten SCHIELE-WIEGANDT(1880), THOMA (1882), RÖSSLE (1932) und KREUZFUCHS (1936) die Ringfläche der Aorta in verschiedenen Dezenien. SCHIELE-WIEGANDT gibt die Aortenringfläche - gemessen distal von der A. subclavia sinistra - im 10. bis 20. Lebensjahr bei Frauen mit 29,1 mm² und bei Männern mit 41,6 mm² an.

Im 20. bis 30. Lebensjahr soll die gesamte Ringfläche der Aorta bei Männern $48,7 \text{ mm}^2$ und bei Frauen $35,9 \text{ mm}^2$ betragen. Zwischen 50 und 60 Jahren erhöht sich dieser Wert auf $66,3 \text{ mm}^2$ bei Männern und $88,0 \text{ mm}^2$ bei Frauen.

THOMA's Messungen der Aorten und des Arteriengesamtquerschnittes sind an einer kleineren Anzahl Individuen unter 29 Jahren und zwar an unaufgeschnittenen Arterien mittels kegelförmiger "Angiometer" vorgenommen worden. Über die Spitze der "Angiometer" wurden ringförmige, mit der Schere zugeschnittene Stücke von Arterien geschoben und so ihr Durchmesser ermittelt (s. Tabelle IV).

Tabelle IV Mittlere Durchmesser in mm nach THOMA:

Alter Jahre	A.pulm. 1 cm ü. d.Kl.	Aorta as- cendens ü.d.Kl.	Aorta re- nalis i.H. d.A. renal	Carotis comm.dex- tra a.i. Abg.Stelle	A.subclav. a.i.Abg.- Stelle	A. renalis a.i.Abg.- Stelle	A.femor. n.ihrem Austritt a.d.Adukto- renkanal
1 - 2	13,3	11,8	6,5	3,9	2,9	2,4	2,3
17-20	21,3	20,7	11,2	5,9	5,2	4,8	5,0
23-29	24,0	22,4	13,3	6,7	6,2	5,5	6,2

An Hand der Durchmesser errechnet THOMA die gesamte Querschnittsfläche der untersuchten Gefäße. Er stellte z. B. fest, daß die Aortenquerschnittsfläche im 10. Lebensjahr ca. $2,2 \text{ cm}^2$ beträgt und nach Abschluß des Wachstums einen Wert von $3,6 \text{ cm}^2$ erreicht. Die Angaben von THOMA über die ständige Zunahme der Aortenquerschnittsfläche sind später von SUTER (1897), RÖSSLE (1932) und KREUZFUCHS bestätigt worden. Die Werte von KREUZFUCHS sind nach röntgenologischen Querschnittsmessungen der Aorta am Lebenden gewonnen worden (s. Abb. III).

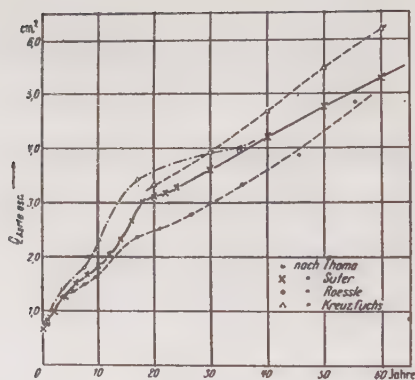


Abb. 95. Alterszunahme des Aortenquerschnitts.
(Gezeichnet von K. Wezler und A. Böger)

Abbildung III

Im Gegensatz zu den bis jetzt genannten Autoren, welche sich mit der gesamten Querschnittsfläche der Aorta befaßten, haben WELLMANN und EDWARDS 1950 die Querschnittsfläche der Aortenmedia in verschiedenen Altersstufen verfolgt. Nach ihren Feststellungen beträgt die Querschnittsfläche der Aortenmedia in der ersten Lebensdekade $27,1 \text{ mm}^2$, um in der 9. Dekade auf 133 mm^2 anzusteigen.

Neben den Umfangs- und Querschnittsuntersuchungen hat man sich im vorigen Jahrhundert auch mit Dickenmessungen der Arterienwand befaßt. Die ersten Untersuchungen sind von DONDERS (1848), GIMBERT (1865), KÖLLIKER (1867), HENLE (1868), LANGHANS (1886) und SCHIELE-WIEGANDT (1880) durchgeführt worden. Zur Dickenmessung wurden die im Wasser aufgeweichte Abschnitte getrockneter Arterien verwendet. Irgendwelche besondere Vorzüge dieser komplizierten und zeitraubenden Methode der Dickenbestimmung der Gefäße, ist leider aus ihren Beschreibungen nicht zu entnehmen. Die Dicke der Aorta abdominalis in den "jungen Jahren" wird von HENLE und DONDERS übereinstimmend mit 0,75 mm angegeben. Unter dieser Zahl verstehen sie nur die Dicke der Media und Adventitia. Am proximalen Teil der Aorta haben sie anscheinend keine Dickenmessung vorgenommen. Nach Messungsergebnissen von SCHIELE-WIEGANDT (1880) soll die Aorta - gemessen über den Klappen - im 2. bis 3. Lebensjahrzehnt eine Gesamtwanddicke von 1,85 mm und im 50. bis 60. Lebensjahr von 1,89 mm haben. Die Wanddicke der Aorta abdominalis - gemessen über der Teilungsstelle - wird von SCHIELE-WIEGANDT im 2. bis 3. Lebensjahrzehnt mit 1,24 mm und im 5. bis 6. Lebensjahrzehnt mit 1,44 mm angegeben. Die Wanddicke der Aorta ascendens wird von LANGHANS (1866) für das 10. Lebensjahr mit 0,99 mm, für das 20. mit 1,26 mm und für das 73. mit 1,58 mm angegeben. Die Ergebnisse von SCHIELE-WIEGANDT und LANGHANS beweisen deutlich, daß die Wanddicke der Aorta - gemessen über den Klappen - nach Abschluß des Körper-

wachstums nur wenig zunimmt. Diese Beobachtung wurde von KANI (1910) und RÖSSLE (1916) bestätigt. KANI hat die Wanddicke der Aorta über den Klappen, über dem Zwerchfell und über der Bifurkation gemessen. Nach seinen Angaben zeigt die Aorta ascendens - gemessen über den Klappen - vom 20. bis 80. Lebensjahr eine Wanddickenzunahme von nur 0,25 mm. Die Dickenzunahme der Aorta abdominalis, welche über der Bifurkation gemessen wurde, ist in der selben Zeitspanne ebenfalls gering und beträgt 0,21 mm. (s. auch Tabelle V).

Tabelle V Wanddicke in mm nach KANI:

Alter in Jahren	Aorta üb. d. Klappen	Aorta üb. d. Zwerchf.	Aorta üb. d. Bifurk.	A. pulmon. u. d. Klap.	A. ilica comm.	A. Carotis comm.
0 - 2	1,17	0,73	0,72	0,78	0,55	0,60
20-22	1,48	1,11	1,08	0,96	0,89	0,81
41-50	1,71	1,49	1,25	1,31	1,11	1,04
71-80	1,73	1,51	1,29	1,31	1,07	1,07

Während sich die Angaben der bis jetzt genannten Autoren auf die gesamte Wanddicke der Aorta und ihrer Abwandlung mit dem Alter beziehen, hat KARSNER (1938) **a l t e r s g e b u n d e n e V e r ä n d e r u n g e n d e r M e d i a d i c k e** dieses Gefäßes verfolgt. Er stellte an Hand von 450 Aorten eine ständige und im Laufe des Lebens gleichmäßig fortschreitende Dickenzunahme der Media fest, und zwar von 0,4 - 0,5 mm bei Neugeborenen auf 1,4 bis 1,5 mm im Alter von 70 Jahren. WELLMANN und EDWARDS (1950) geben die Mediadicke der Aorta nach Abschluß des 10. Lebensjahres mit 1,21 mm, im 5. Jahrzehnt mit 1,67 mm an. Nach ihren Ergebnissen soll die Dicke der Media vom 50. bis zum 69. Lebensjahr fast unverändert bleiben, um von diesem Alter an etwas abzunehmen. Diese Beobachtung be-

stätigt das frühere Ergebnis von SCHIELE-WIEGANDT die ebenfalls eine Abnahme der Mediadicke nach der 5. Lebensdekade feststellt.

Die vorhin angeführten Umfangs- und Dickenmessungen sind an den postmortal retrahierten Arterien durchgeführt worden. Sie entsprechen somit nicht den intravitalen Größen. Dies trifft insbesondere für die Arterien jüngerer Altersstufen zu, die eine hohe Wandelastizität und somit auch eine hohe Retraktivität zeigen. Nach dem Wegfall des Innendruckes wird daher ihre Lichtung im Vergleich zu dem intravitalen Zustand enger und die Wand entsprechend dicker. Die aus dem Körper entnommenen Arterien weisen ferner eine Verkürzung ihrer Länge auf, woran sich eine weitere, zusätzliche Dickenzunahme ihrer Wand ergibt. In dem Bestreben, diese Fehlerquellen der postmortalen Umfangs- und Dickenmessung zu umgehen, haben D. KLINGELHÖFER und W. W. MEYER 1962 vergleichende mikrometrische Untersuchungen an den entfalteten und retrahierten Arterien der oberen und unteren Extremitäten vorgenommen (S. S.25).

Mit fortschreitendem Alter findet auch eine V e r l ä n - g e r u n g der Aorta statt. Eine Längenzunahme der Bauchaorta in höheren Altersstufen ist mitunter schon in situ an einer angedeuteten Schlängelung dieses Gefäßes erkennbar. W. W. MEYER hat 1950 an Hand von 90 Fällen die Länge der Aorta in verschiedenen Altersstufen gemessen. Die Aorten wurden aus der Leiche herausgenommen und ihre Länge zwischen der Ductus-arteriosus-Narbe und der Bifurkation gemessen. Diese Aortenstrecke soll bei jungen Erwachsenen 26 cm und im 60. Lebensjahr durchschnittlich 32,7 cm lang sein. Die Gesamtlänge der Aorta wird von BÜRGER (1957) im 10. Lebensjahr mit 36 cm, im 20. mit 45 cm und im 60. mit 49 cm angegeben. Nach W. W. MEYER ist dieses Längenwachstum "zum Teil nur ein Scheinbares", weil die Aorten

älterer Menschen stark an Elastizität verlieren und sich deswegen nach Herausnahme aus der Leiche bedeutend weniger zusammenziehen, als die Aorten von jungen Menschen. In der Tat hat bereits SCHEEL (1908) die Retraktionswerte der Aorta für die einzelnen Altersstufen ermittelt und gezeigt, daß die Retraktion der Kinderaorta etwa bis zum Alter von 20 Jahren zunimmt, um danach abzunehmen. Diese Feststellung steht mit den späteren Volumenelastizitätsmessungen der Gesamtaorten in verschiedenen Lebensjahrzehnten im Einklang, die eine Abnahme der Elastizitätsmodule in den ersten zwei Lebensjahrzehnten und eine nachfolgende Zunahme ergaben (W. W. MEYER 1958; E. SIMON und W. W. MEYER, 1958).

Erwartungsgemäß führt die altersgebundene Zunahme des Aortenquerschnittes und der Aortenlänge zu einer *V o l u m e n z u n a h m e*, d.h. zu einer Vergrößerung des Fassungsvermögens dieses Gefäßes im Verlauf des Lebens.

M. J. HWILIVITZKAJA (1926) untersuchte die Volumenzunahme der Aorta bei einem Druck von 40 mmHg in verschiedenen Lebensperioden. Hierfür benutzte sie die gesamte Aorta, die sie von ihrer Ursprungsstelle über den Klappen bis zur Bifurkation aus der Leiche herausnahm. Die Aorta wurde durch Einführung von Condongummi abgedichtet. Nach HWILIVITZKAJA zeigt die Aorta von der 1. bis zur 6. Lebensdekade eine Volumenzunahme von $91,5 \text{ cm}^3$, nämlich von $22,5 \text{ cm}^3$ in dem ersten Lebensjahrzehnt auf 114 cm^3 im 60. Lebensjahr. W. W. MEYER und SIMON gaben das Aortenvolumen eines Neugeborenen bei 100 mmHg Druck mit 8 cm^3 an. Im Verlauf des ersten Lebensjahres verdoppelt sich das Fassungsvermögen der Aorta. Im 10. Lebensjahr zeigt die Aorta bei einem Innendruck von 100 mm Hg einen Wert von ca. $50 - 60 \text{ cm}^3$. Mit dem Abschluß des Wachstums erreicht die Aorta etwa das zwanzigfache ihres anfänglichen Volumens bei der Geburt und weist ein Fassungsvermögen von rund 150 cm^3 auf. Auch nach dem Abschluß des Körperwachstums steigt das Aortenvolumen weiter an und ist

in der 7. Lebensdekade im Mittel 322 cm^3 groß.

Ebenso wie an der Aorta, so ändert sich auch an den peripheren Arterien während des Wachstums und in den nachfolgenden Altersstufen ständig die Länge, die Weite, die Wandstärke und damit auch die gesamte Gewebsmasse des Arterienrohres.

Die Umfangsmessungen von F. W. BENEKE (1879) an den Carotiden und Aa. ilicae communes wurden bereits erwähnt. Fast zur gleichen Zeit beobachtete SCHIELE-WIEGANDT (1880) eine ständige Umfangs- und Wanddickenzunahme mit dem fortschreitenden Alter nicht nur an der Aorta und Pulmonalis (s. S. 12) sondern auch an folgenden peripheren Gefäßen: A. Carotis sin. am Ursprung, A. subclavia sin. am Ursprung, A. femoralis am Lig. Poupart, A. brachialis über der Teilungsstelle, A. radialis am Handgelenk und A. renalis am Ursprung. Aus den Tabellen von SCHIELE-WIEGANDT kann man ersehen, daß unter den oben genannten Gefäßen die A. femoralis zwischen dem 20. und 66. Lebensjahr die stärkste absolute Umfangszunahme aufweist und zwar um 0,75 cm. In der gleichen Zeitspanne ergibt sich an der A. Subclavia ein Umfangszuwachs von 0,54 cm, während die A. carotis communes sinistra mit einer Umfangszunahme von 0,30 cm an der 3. Stelle steht. Hierauf folgen dann die A. brachialis mit 0,20 cm, A. radialis mit 0,16 cm und schließlich die A. renalis, die in der gleichen Lebensperiode (20. - 66. Lebensjahr) den Tabellen von SCHIELE-WIEGANDT zufolge, fast keinen Umfangszuwachs zeigt. Nach KANI, THIEL und MARTENS (1932) nimmt die A. Carotis communes zwischen der 2. und 8. Lebensdekade nur um 0,1 cm an Umfang zu. Dies steht mit den früheren Beobachtungen von BENEKE im Einklang (s. S. 11). Die A. subclavia dextra weist in der gleichen Zeitspanne nach den Angaben von KANI, THIEL und MARTENS eine Umfangszunahme von 0,36 cm, während die A. ilica communes einen Umfangszuwachs von 0,8 cm erreicht (s. auch Tabelle III).

Im vorigen Jahrhundert wurden an den peripheren Arterien auch die Querschnittsflächen ihrer Wandungen in verschiedenen Dezenien untersucht. Nach SCHIELE-WIEGANDT soll z.B. die Wand der A. femoralis bei Männern zwischen dem 20. und 66. Lebensjahr die stärkste Querschnittsflächenzunahme zeigen und zwar von $8,5 \text{ mm}^2$ im 20. Lebensjahr, auf $21,0 \text{ mm}^2$ im 66. Lebensjahr. In der gleichen Zeitspanne wächst die Wandquerschnittsfläche der A. subclavia von $15,5$ auf $23,4 \text{ mm}^2$, hierauf folgt die A. carotis, deren Wandquerschnittsfläche sich von $13,3 \text{ mm}^2$ auf $16,8 \text{ mm}^2$ vergrößert, dann die A. brachialis mit einer Querschnittszunahme ihrer Wand von $4,4$ auf $6,79 \text{ mm}^2$, A. radialis von $3,25$ auf $3,99 \text{ mm}^2$. Die Beobachtungen von SCHIELE-WIEGANDT an der A. femoralis stimmen mit den späteren Befunden von LINZBACH (1943) überein. LINZBACH stellte an einem größeren Sektionsmaterial (317 männliche und 162 weibliche Verstorbene) einen ständigen Volumenzuwachs der Femoralarterienwand im Verlaufe des Lebens fest. Die A. femoralis wurde von ihm an ihrer Eintrittsstelle unter der Membrana Vasoadductoria im Adduktorenkanal untersucht. Hierzu schnitt er $0,2 \text{ mm}$ dünne Scheibchen von der in Formalin fixierten, retrahierten A. femoralis zu. Diese Scheiben bzw. Ringe wurden bei 10-facher Vergrößerung auf ein Blatt Papier projiziert, die Umrisse der Arterienwand mit Bleistift nachgezogen und der Inhalt der Ringe mit dem Planimeter ausgemessen. Da die auf diese Weise erhaltenen Flächenwerte dem Volumen der Gefäßwand direkt proportional sind, kann man sie als Maße der jeweiligen Volumina des Arterienrohres ansehen und gegenüberstellen. Hierbei fand LINZBACH, daß das Volumen der Oberschenkelarterie in den Kinderjahren, etwa bis zum 8. Lebensjahr, und in der Pubertätszeit sehr steil ansteigt. Vom Ende der Wachstumsperiode bis zum 40. Lebensjahr erfährt das Gefäßrohr zunächst einen langsamen Volumenzuwachs, um danach schneller zuzunehmen. In dem fortgeschrittenen Lebensalter

erreicht die Volumenzunahme einen Höchstwert, der mit 80 Jahren bei Männern etwa $23,3 \text{ mm}^2$ und bei Frauen ca. $18,2 \text{ mm}^2$ beträgt (s. Abb. IV). Die durchgeführten Messungen veranlaßten LINZBACH weitgehende Schlüsse über die pathogenetische Bedeutung der Volumenzunahme des Arterienrohres zu ziehen, die jedoch nicht immer gerechtfertigt erscheinen. Besonders anfechtbar erscheint uns die Auffassung von LINZBACH, wonach die Entstehung der Arteriosklerose in einer engen ursächlichen Beziehung zur fortschreitenden Zunahme der Arterienwanddicke (über einen gewissen kritischen Wert) steht, bei dem eine ausreichende Zufuhr von Nährstoffen und Abtransport von Stoffwechselprodukten nicht mehr aufrechterhalten werden können. Die Ernährungsinsuffizienz der Arterienwand habe degenerative Veränderungen zur Folge, die weitere arteriosklerotische Prozesse einleiten. - In diesem Zusammenhang darf nicht übersehen werden, daß LINZBACH das Gesamtvolumen der Arterienwand, also einschließlich der arteriosklerotischen Intimaverbreiterungen bestimmt hat, die gerade in der Femoralis ein erhebliches Ausmaß erreichen (s. S. 22). Das Überschreiten der "kritischen Dicke" der Arterienwand ist demnach lediglich die Folge der sklerotischen Intimaverbreiterung bei gleichzeitiger Rückbildung der Mediamuskulatur und nicht die Ursache der Arteriosklerose. -

Mit der planimetrischen Methode hat in der Folgezeit HIERONYMI (1956) an zahlreichen weiteren peripheren Arterien Messungen durchgeführt. Sein Interesse galt folgenden Gefäßen: A. ilialis, A. femoralis, A. renalis, A. coronaria sin. dextra, A. hepatica, A. mesenterica sup., A. thyreoidea sup., A. carotis communes, A. basalis cerebri. Nach seinen Angaben soll z. B. das Wandvolumen der Milzarterie vom 5. bis zum 70. Lebensjahr um das 14-fache zunehmen und damit unter den untersuchten Arterien den stärksten Zuwachs zeigen. Ihr folgt dann die A. femoralis, welche ihr Volumen in derselben Zeitspanne

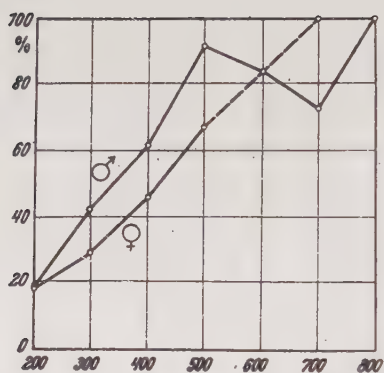


Abb. 23. Abhängigkeit der Vaskularisation der Gefäßwand in Prozent (Ordinate) der für die einzelnen Herzgewichte (Abszisse) untersuchten Gefäße. — Männer (187 Fälle). Frauen (125 Fälle). Der Unterschied zwischen Männern und Frauen ist gering und wohl zum Teil auf die zu kleine Anzahl der untersuchten Fälle zurückzuführen.

verzwölffacht. An 3. Stelle steht die A. renalis mit verzehnfachtem Wandvolumen im 70. Lebensjahr. Als letzte folgt dann die A. basalis cerebri, die ihr Wandvolumen bis zum 70. Lebensjahr vervierfacht. Auch die Ergebnisse von HIERONYMI beruhen auf der Untersuchung der postmortal retrahierten, also von ihren intravitalen Dimensionen stark abweichenden Gefäßen.

Um die den intravitalen Maßen des Arterienrohres annähernd entsprechende Wanddicke und Querschnitt zu ermitteln, haben - wie bereits erwähnt (s.S.19) - D. KLINGELHÖFER und W.W.MEYER 1962 an Hand von rund 30 männlichen Verstorbenen der 3., 5. und 7. Lebensjahrzehnte, vergleichende mikrometrische Untersuchungen an den entfalteten und retrahierten muskulären Arterien der oberen und unteren Extremitäten durchgeführt. Nach ihren Angaben zeigt die A. femoralis im Vergleich zu den Armarterien - auch an dem entfalteten Gefäßrohr - eine wesentlich stärkere altersgebundene Zunahme der Wanddicke. Diese beträgt an den entfalteten Femoralarterien zwischen dem 3. und 7. Lebensjahrzehnt 111 % und an den postmortal zusammengefallenen 91 %, während die Wanddickenzunahme der Aa. radialis zwischen der 3. und 7. Lebensdekade an den entfalteten Arterien 33 % und an den postmortal zusammengefallenen nur 9 % erreicht. Auch an der A. brachialis sind ähnliche Verhältnisse feststellbar (40 % bzw. 28 %). Nach Ansicht von D. KLINGELHÖFER und W.W.MEYER hängt der erhebliche Unterschied zwischen der Femoralis und den Armarterien damit zusammen, daß die Intima der Beinarterien mit zunehmendem Alter eine sehr ausgeprägte, fortschreitende Verbreiterung erfährt, wodurch sie einen immer größeren Anteil der Gesamtwandung bildet. So stellt die Intima der entfalteten A. femoralis im 50. Lebensjahr 30 % und in der 7. Lebensdekade fast 50 % der gesamten Wanddicke dar. Dagegen nimmt die Mediadicke zwischen dem 3. und 7. Lebensjahrzehnt, gemessen an den entfalteten Femoralarterien, nur um 18 % zu. Nach HIERONYMI soll sich die mittlere Wanddicke der A. femo-

ralis vom 5. bis zum 70. Lebensjahr vervierfachen. In dieser Zeit soll auch die Mediadicke der Oberschenkelarterien um das Vierfache zunehmen. Diese, an retrahierten Arterien gewonnenen Zahlen entsprechen offenbar nicht der tatsächlichen Abwandlung der Arterienwandstärken mit fortschreitendem Alter.

Erwartungsgemäß findet die altersgebundene Dickenzunahme der Gefäßwand, wie sie an der Aorta und an den peripheren Arterien zutage tritt, auch im Gewicht des Arterienrohres einen deutlichen zahlenmässigen Ausdruck. Es erscheint begründet, anzunehmen, daß durch die Bestimmung der Gewichte des Arterienrohres die altersgebundene Zunahme der Arterienwandmaße sogar viel exakter erfaßt werden kann, als durch Gegenüberstellung von Wanddicke und Ringflächen, da das Wiegen der entsprechend freipräparierten, anatomisch gut absteckbaren Arterienstrecke mit geringeren Fehlerquellen behaftet sein dürfte, als die Umfangsmessungen an aufgeschnittenen Gefäßen (BENEKE, SCHIELE-WIEGANDT u.a.) oder Längen- und Dickenbestimmungen an postmortal zusammengefallenen, kontrahierten und retrahierten Arterien, deren Maße von den intravitalen Größen nach dem Wegfall des Innendruckes erwartungsgemäß stark abweichen müssen. Das Gewicht einer bestimmten Gefäßstrecke ist dagegen eine Größe, die von der postmortalen Retraktion oder Kontraktion des Gefäßes gänzlich unabhängig ist und daher die gesamte Masse des jeweiligen Abschnittes wiedergibt. KANI hat 1910 zum ersten Mal neben Aortenmessungen auch Gewichtsbestimmungen der Arterienwand vorgenommen. Allerdings hat er nur das Gewicht eines $2,5 \text{ cm}^2$ großen Teiles der Aortenwand bestimmt und dabei Werte von 4,25 und 5,0 g gefunden. Über die altersbedingte Abwandlung dieser Größe führte er keine Angaben an. FABER und LUND haben 1949 zum Zwecke der chemischen Untersuchung das Trockengewicht der Aorta festgestellt und seine Abhängigkeit vom Alter, Lipoid- und Kalkeinlagerungen nachgewiesen. 1951 konnte W.W.MEYER an Hand von 206 Aorten, die von Verstorbenen zwischen dem 20. und 89. Lebensjahr stammten, eine erhebliche, ständig mit dem Alter fortschreitenden Zunahme des

Frischgewichtes feststellen. Er fand, daß das Aortengewicht pro Jahrzehnt um ca. 5 g zunimmt. Zwischen dem 20. und 60. Lebensjahr tritt nach W.W.MEYER auch in Abwesenheit stärkerer atherosklerotischer Veränderungen eine Verdoppelung des Aortengewichtes ein. Dies wurde auch später von BUDDECKE (1958) bestätigt. Auch an der A.pulmonalis bzw. an ihrem extrapulmonalen Abschnitt, d.h. an der Pulmonalisgabel ließ sich eine mit dem Alter fortschreitenden Gewichtszunahme nachweisen (W.W.MEYER und H.RICHTER 1955). Das Gewicht dieses Abschnittes der Pulmonalisarterie nimmt von der 3. bis zur 9. Lebensdekade mehr als um das 2 1/2 fache zu. Eine ähnliche Gewichtszunahme fand sich auch an dem intracraniellen Abschnitt der A. carotis interna (W.W.MEYER und H.BECK, 1955) sowie an der Milzarteria (W. W. MEYER und E. HENSCHL, 1958). Diese nimmt zwischen dem 3. und 8. Lebensjahrzehnt etwa um 267 % an Gewicht zu, also fast ebenso stark wie die Aorta, die in der gleichen Zeitspanne einen Gewichtszuwachs von 280 % zeigt (W.W.MEYER, 1950). HEVELKE hat 1955 bei Wägungen einer 10 cm langen Gefäßstrecke die Arteria brachialis und A. femoralis eine ständige Gewichtszunahme dieser peripheren Arterien im Verlauf des Lebens festgestellt. - Nach seinen Angaben nehmen die Beinarterien jenseits des 40. Lebensjahres stärker an Gewicht zu als die Armarterien.

Um das Wesen und die Bedeutung der altersgebundenen Gewichtszunahme zu erfassen, erscheint es wichtig, zu klären, worauf diese Massenzunahme beruht bzw. welche Substanzen an der Gewichtszunahme in erster Linie beteiligt sind. BUDDECKE (1958) stellte auf Grund seiner chemischen Studien fest, daß die "beim gealterten Menschen" fast 100 % betragende Gewichtszunahme der Aorta zu einem wesentlichen Teil durch Kollagenvermehrung in der Gefäßwand bedingt ist. Sie geht mit einer Elastinverminderung einher. Da die durch die Lipideinlagerung bedingte Gewichtszunahme der Aorta höchstens 15 % betragen soll, ergibt sich, daß bei der Arteriosklerose der Aorta die Bindegewebsvermehrung bei

weitem größer ist, als die Zunahme des Lipidgehaltes. Die durch Ablagerungen von Mineralien bedingte Gewichtszunahme der Aorta wird von BUDDECKE mit 21 % angegeben. Nach BÜRGER und PLÖTNER (1939) beträgt der Kalziumgehalt in den höchsten Altersklassen über 1 000 mg % (bezogen auf 100 g Trockengewicht) und der Cholestringehalt über 2 000 mg %; die Masse der Gesamtlipoide soll etwa vom 50. Lebensjahr an nicht mehr ansteigen.

Wie aus der vorstehenden Literaturübersicht zu ersehen ist, finden sich über die Lebenswandlungen der Wandmasse der Beckenarterien keine Angaben. Das Verhalten ihres Gewichtes mit fortschreitendem Alter wurde nicht geprüft und nicht der Gewichtsabwandlung anderer Arterien gegenübergestellt. Hinweise über die altersgebundenen Veränderungen der Ringfläche der Beckenarterien liegen ebenfalls nicht vor. Seit den Untersuchungen von F.W. BENEKE sind auch keine weiteren Umfangsmessungen an diesen Gefäßen durchgeführt worden. Die Kenntnisse über die Biomorphose der Beckenarterien sind somit in vielfacher Hinsicht noch lückenhaft.

Eigene Befunde

Beckenarterien:

Aus der Abbildung V, in der die Einzelgewichte der Beckenarterien in ein Koordinatensystem eingetragen sind, ist eine direkte positive Beziehung zwischen den Gewichten und dem Alter zu erkennen. - Sieht man von den einigen Einzelfällen ab, die auf Grund einer sehr stark ausgeprägten atherosklerotischen Affektion weit über den Durchschnitt hinausragen, so gewinnt man den Eindruck, daß sich die Verteilung der Einzelgewichte im Koordinatensystem einer flachen Parabel nähert. Es erschien uns daher berechtigt, die Verteilung der logarithmierten Einzelgewichte in dem Koordinatensystem zu prüfen. Hierbei trat eine *l i n e a r e* direkte Beziehung zwischen den Einzelwerten und Alter zu Tage (s. Abb. VI). Der daraufhin ermittelte Korrelationskoeffizient erwies sich als recht hoch und betrug $+ 0,7780 \pm 0,0333$. Er ist bei der untersuchten Fallzahl statistisch hoch gesichert (vergl. Documenta Geigy, Wissensch. Tabellen, 6. Auflage, S. 61). - An Hand der Regressionsgleichung (Tab. VI), die auf Grund der Mittelwerte und des Korrelationskoeffizienten aufgestellt wurde, lassen sich die zu erwartenden durchschnittlichen Gewichte der Arterien für alle Jahrgänge der untersuchten Lebensperiode errechnen. So ergibt sich für das Alter von 25 Jahren ein durchschnittliches Gewicht der Beckenarterien von 7,5 g, für das Alter von 65 Jahren 17,4 g. - In der Lebensperiode von 25 bis 65 Jahren wird demnach das Gewicht der Beckenarterien mehr als verdoppelt.

Auf die Untersuchung der Beziehung zwischen dem Gewicht der Beckenarterien und dem Körpergewicht haben wir verzichtet, da bei der starken Abhängigkeit des Arteriengewichtes vom Alter nur eine sehr geringe Korrelation zwischen dem Körper- und

Arterien-gewicht zu erwarten war. Dies konnte an eigenem Material bei der Gegenüberstellung der Körpergewichte und der Gewichte der Femoralarterien bestätigt werden (s. S.46)

Die Gewichte der Beckenarterien in ihrer Beziehung zum Alter

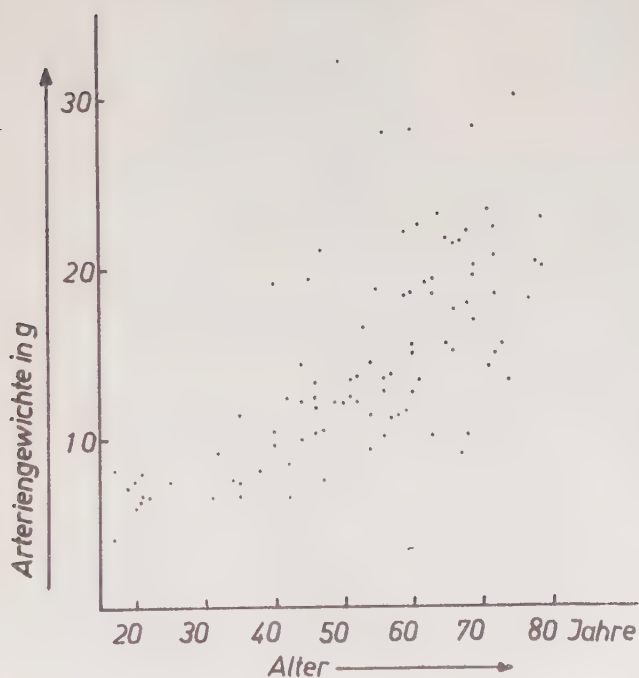


Abbildung V

Beziehung zwischen dem Alter und den Logarithmen der Gewichte der Beckenarterien

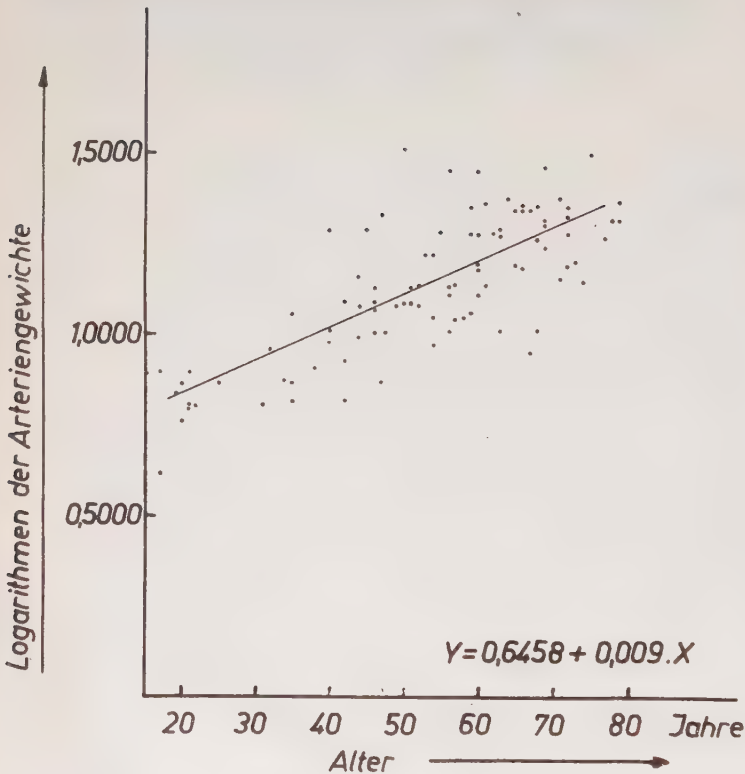


Abbildung VI

$$\bar{y} = \frac{S(fy \cdot y)}{N} = \frac{72}{95} = 0,7579$$

$$\bar{y}^2 = 0,5744$$

$$\bar{y}_2 = \frac{S(fy \cdot y^2)}{N} = \frac{378}{95} = 3,9789$$

$$\delta y = \sqrt{\bar{y}_2 - \bar{y}^2} = \sqrt{3,9789 - 0,5744} = \sqrt{3,4045} = 1,8451$$

$$Sy = i \cdot \delta y = 0,1 \cdot 1,8451 = 0,1845$$

$$My = i \cdot \bar{y} + kl_{mo} = 0,1 \cdot 0,7579 + 1,0500 = 1,1258$$

$$\bar{x} = \frac{Sfxx}{N} = \frac{4}{95} = 0,0421$$

$$\bar{x}^2 = 0,0018$$

$$\bar{x}_2 = \frac{378}{95} = 3,9789$$

$$\delta x = \sqrt{\bar{x}_2 - \bar{x}^2} = \sqrt{3,9789 - 0,0018} = \sqrt{3,9771} = 1,9943$$

$$Sx = i \cdot \delta x = 0,1 \cdot 1,9943 = 0,1994$$

$$Mx = i \cdot \bar{x} + kl_{mo} = 0,1 \cdot 0,0421 + 53,0000 = 53,0421$$

$$I \frac{S(fxy)x}{N} = \frac{275}{95} = 2,8947$$

$$II \bar{y} \cdot \bar{x} = 0,7579 \cdot 0,0421 = 0,0319$$

$$III = I - II = 2,8947 - 0,0319 = 2,8628$$

$$IV \delta y \cdot \delta x = 1,8451 \cdot 1,9943 = 3,6797$$

$$V r_{yx} = \frac{III}{IV} = \frac{2,8628}{3,6797} = 0,7780$$

$$r_{yx}^2 = 0,6053$$

$$1 - r_{yx}^2 = 0,3947$$

$$\delta r_{yx} = \frac{1 - r_{yx}^2}{\sqrt{N}} = \frac{0,3947}{9,7468} = 0,0333$$

f = Funktion, z.B. ist f_x die Funktion von x.

N = Gesamtzahl der Fälle

s = Streuwert (Abweichung vom Mittelwert)

M = Mittelwert der jeweiligen berechneten Größe, z.B. bedeutet M_x den Mittelwert von x.

i = Klassenbreite

kl_{Mo} = Klassenmitte bei 0

δ = mittlerer Fehler

r_{yx} = Korrelationskoeffizient (Alter/Arteriengewicht)

Auf Grund der Mittelwerte und Korrelationsgrößen wurde die Regressionsgleichung aufgestellt, aus der die Abhängigkeit des Arteriengewichtes vom Alter hervorgeht:

$$y = a + b_{xy} \cdot X, \text{ wobei } b_{xy} = \frac{\sum y}{\sum x} \cdot r_{yx} \text{ und } a = \bar{My} - b_{xy} \cdot \bar{X}.$$

Hier und in den folgenden Tabellen (s. S.39) bedeuten:

y = Logarithmus des Arteriengewichtes; x = Alter; $\bar{My}$ = Mittelwert von y ; $\bar{Mx}$ = Mittelwert von X ; r_{yx} = Korrelationskoeffizient zwischen dem Arteriengewicht und Alter; b_{xy} = Regressionskoeffizient. Dieser zeigt die Zunahme des Arteriengewichtes pro 1 Jahr an. A zeigt den Schnittpunkt der Regressionslinie mit der Ordinate an.

Für die Beckenarterien ergab sich folgende Regressionsgleichung: $y = 0,6458 + 0,009 \cdot X$. Die Gleichung ermöglicht das zu erwartende, durchschnittliche Arteriengewicht für alle Jahrgänge der untersuchten Lebensperiode zu berechnen.

Beispiel der Berechnung: Es wird der Logarithmus des Gewichtes der Beckenarterien (y) für das Alter von 25 Jahren gesucht ($X = 25$): $y = 0,6458 + 0,009 \cdot 25 =$

$$= 0,6458 + 0,2250 =$$

$$= 0,8808.$$

Nach den Tabellen stellen wir fest, daß diesem Logarithmus eine Zahl von 7,6 entspricht. Demnach ist das durchschnittliche Gewicht der Beckenarterien (einschließlich des vorhin erwähnten oberen Anteils der A. femoralis) im Alter von 25 Jahren = 7,6 g.

Wie bereits dargelegt (s.S. 4), wurden die beiden Aa. iliacae communes und die Aa. iliacae externae (samt dem kurzen oberen Abschnitt der Femoralarterie) getrennt gewogen. Dies ermöglichte neben der altersgebundenen Gewichtszunahme der gesamten untersuchten Beckenarterienstrecke auch die Gewichte der beiden n a c h e i n a n d e r geschalteten Arterien in den einzel-

nen Altersstufen zu ermitteln und die Arterienwandmasse entsprechender Strecken beider Körperseiten gegenüberzustellen.

An der *A. ilica communes* fanden wir im Alter von 17 bis 29 Jahren ein durchschnittliches Gewicht von 1,4 g, im Alter von 70 bis 79 Jahren 4,0 g. Die *A. ilica externa* zeigte im Alter von 17 bis 29 Jahren ein durchschnittliches Gewicht von 1,9 g, im Alter von 70 bis 79 Jahren 5,8 g (Tab. I, Abb. VII). Leider ließ sich die relative Zunahme der beiden Arterienstrecken mit dem fortschreitenden Alter nicht genau gegenüberstellen, da die Fallzahl nicht groß genug ist. Aus dem gleichen Grund konnte auch nicht entschieden werden, ob die Gewichtszunahme der rechts- und linksseitigen Arterien unterschiedlich ist. Bei der Berechnung der relativen prozentualen Gewichtszunahme ergab sich allerdings an der linken *A. ilica externa* eine Tendenz zu einem etwas stärkeren altersgebundenen Gewichtszuwachs (224 % gegenüber 178 % an der rechten). Bei der geringen Fallzahl ließ sich nicht ausschließen, daß es sich hierbei um eine Zufallserscheinung handelt.

Aorta

Zwischen den Aortengewichten und Alter fanden wir in Übereinstimmung mit den früheren Angaben des Schrifttums eine direkte lineare Beziehung (s. Abb. VII). Um die Gewichtszunahme aller untersuchten Arterienstrecken mit dem fortschreitenden Alter vergleichen zu können, haben wir aber auch an der Aorta und Femoral-Arterien (s. weiter unten) nicht die absoluten Arterien Gewichte, sondern ihre Logarithmen dem Alter gegenübergestellt. Auch an der Aorta ergab sich hierbei erwartungsgemäß eine direkte, lineare Beziehung (s. Abb. IX). Der ermittelte Korrelationskoeffizient betrug $+0,8585 \pm 0,0270$ und war somit höher als an den Becken- und Femoralarterien. Auch dieser Korrelationskoeffizient war hoch gesichtet.

**Gewichtszunahme der re. und li.
A. ilica externa mit dem fortschreitenden
Alter. (Nach Mittelgewichten einzelner
Altersstufen, s. Tbl. I)**

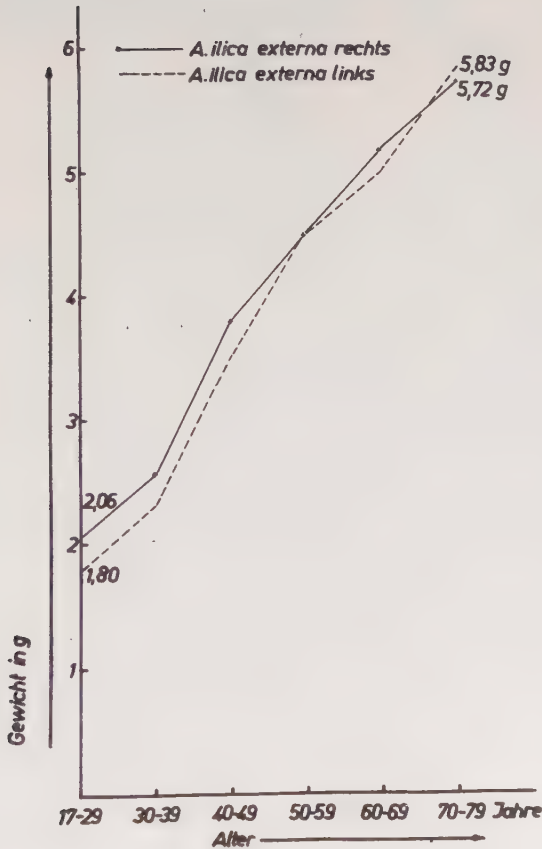


Abbildung VII

Die Gewichte der Gesamtaorten in ihrer Beziehung zum Alter

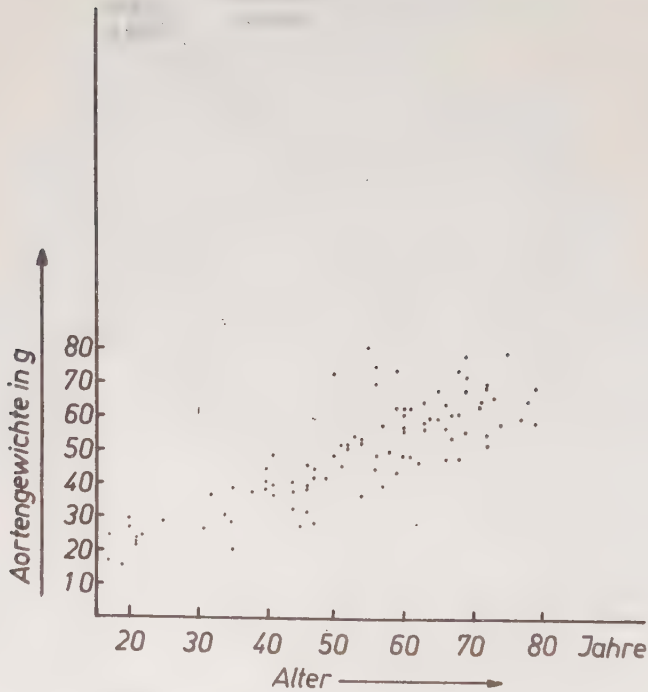


Abbildung VIII

Tabelle VII: Gesamtaorta

Log. Gew. Alter	1,18-	1,26-	1,34-	1,42-	1,50-	1,58-	1,66-	1,74-	1,82-	1,90-	Sfx	x	x ²	Sfxx	Sf · x · x ²	Sfxy	S(fxy) · x
17-	3	2	3	1							9	-4	16	-36	144	-34	136
25-			1	1	1						3	-3	+9	-9	27	-6	18
33-		1		2	3	2					8	-2	4	-16	32	-11	22
41-				4	3	6	1				14	-1	1	-14	14	-10	10
49-					1	3	8		3	1	16	0	0	0	0	0	0
57-						2	5	10	1		18	1	1	18	18	28	28
65-							6	8	6		20	2	4	40	80	40	80
73-								5	2		7	3	9	21	63	16	48
Sly	3	3	4	8	8	13	20	23	12	1	95			4	3/8	23	342
y ²	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4							
y ²	25	16	9	4	1	0	1	4	9	16							
Sfyy ₂	-15	-12	-12	-16	-8	0	20	46	36	4	+43						
Sfyy ₂	75	48	36	32	8	0	20	92	108	16	435						

$$\frac{s^2}{n} = 0,7370$$

$$\frac{s^2}{n} = 86,11 \%$$

$$r_{yx} = +0,8585$$

$$s_{f_{yx}} = 0,0270$$

$$b_{yx} = 0,009$$

$$y = 1,1/40 + 0,009 \cdot x$$

$$s_y = 2,0914$$

$$s_y = 0,1673 \text{ Mx} = 1,6540$$

$\hat{y}_{ix}$ u.a. in der Tabelle VI

Beziehung zwischen dem Alter und den Logarithmen der Gewichte der Aorta

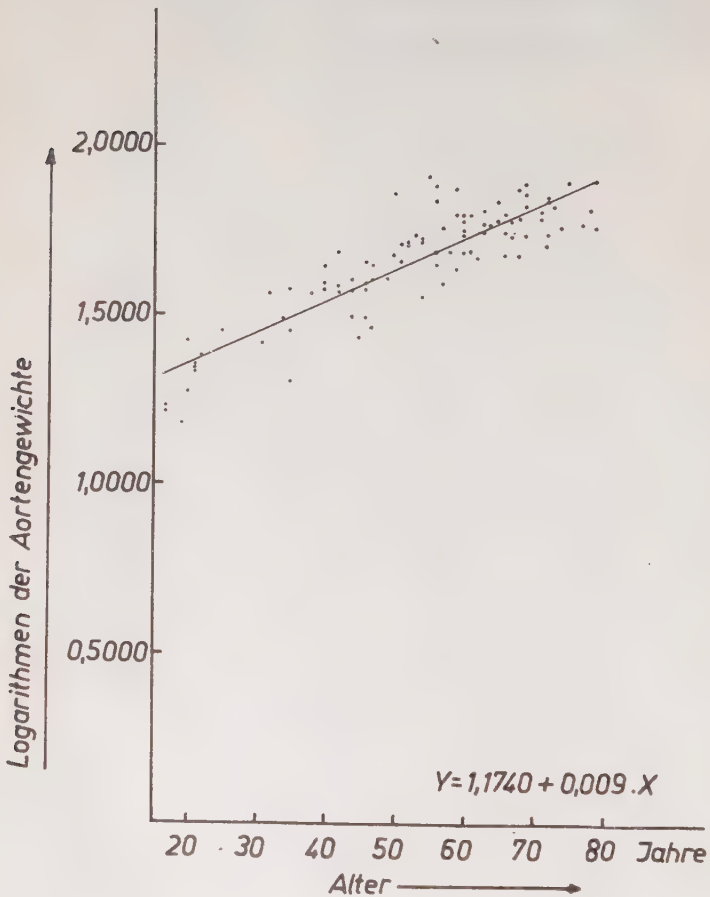


Abbildung IX

Berechnet man an Hand der aufgestellten Regressionsgleichung die zu erwartenden Gewichte der Aorta für das 25. und 65. Lebensjahr, so ergeben sich Werte von 25,1 und 57,4 g. Aus der Gegenüberstellung der beiden Zahlen ersehen wir, daß das durchschnittliche Aortengewicht zwischen den beiden Jahrgängen mehr als verdoppelt wird. Dies stimmt mit den früheren Feststellungen von W. W. MEYER überein.

Bemerkenswert erscheint, daß auch an unserem Material die Brust- und die Bauchaorta eine etwas unterschiedliche altersgebundene Gewichtszunahme aufwiesen. So ergibt die Gegenüberstellung der einfachen Mittelwerte der entsprechenden Altersgruppen (17 - 29 J. und 70 - 79 J., s. Tab. I), daß das durchschnittliche Gewicht der Brustaorta von 16,5 auf 48,5 g ansteigt. Das Gewicht der Bauchaorta nimmt in der gleichen Lebensperiode von 5,5 g auf 14,9 g zu. Wie dargelegt, haben wir die Brustaorta zusammen mit dem schmalen oberen Abschnitt der Bauchaorta (bis zur oberen Begrenzung des Abganges der A. coeliaca) gewogen. Vergleicht man die prozentuale Gewichtszunahme beider Aortenabschnitte - soweit dies an dem relativ geringen Material zu Orientierungszwecken zulässig ist, so findet man an der Brustaorta eine relative Gewichtszunahme von 193 %, an der Bauchaorta von 172,3 %. Bemerkenswerterweise zeigte die Brustaorta auch an dem Material von W.W. MEYER (1955) eine stärkere altersgebundene relative Zunahme ihres Gewichtes als die Bauchaorta. Auch an jenem Material konnte die Differenz statistisch nicht gesichert werden. Die beiden Beobachtungsreihen weisen aber auf das Vorliegen einer Tendenz der Brustaorta zu einer stärkeren altersgebundenen Gewichtszunahme hin. Diese Tendenz erscheint umsomehr von einem Interesse, als die Brustaorta von den herdförmigen atherosklerotischen Veränderungen in der Regel schwächer befallen wird als die Bauchaorta. Die höhere Gewichtszunahme der Brustaorta würde daher darauf hinweisen, daß ihr alters-

gebundener Massenzuwachs in erster Linie auf einer diffusen Verstärkung ihrer Wandung und einer Kaliberzunahme beruht und weniger durch die später hinzukommenden herdförmigen atherosklerotischen Intimaveränderungen mitverursacht wird.

Femoralarterien

Beide Aa. femoralis zeigten in den untersuchten Altersgruppen weitgehend übereinstimmende durchschnittliche Gewichte, die sich als repräsentativ erwiesen (s.Tab.I, Abb.X). Die weitere Bearbeitung des Materials (s.Tab.VIII u. Abb.XI) ergab, daß auch an den Femoralarterien eine hoch gesicherte direkte lineare Beziehung zwischen den logarithmierten Gewichten und dem Alter besteht. Der Korrelationskoeffizient beträgt $+ 0,6996 \pm 0,0524$ und liegt somit etwas unter dem entsprechenden Korrelationskoeffizienten der Aorta und der Beckenarterien. Dies dürfte mit der stärkeren Streuung der Femoralisgewichte zusammenhängen.

Berechnet man nach der ermittelten Regressionsgleichung (s. S.44) die Gewichte der Femoralarterien beispielsweise für das Alter von 25 und 65 Jahren, so ergeben sich Werte von 2,4 und 4,6 g (Gesamtgewicht beider Femorales). In dieser Lebensperiode wird also das Gewicht der (beiden) Femoralarterien fast verdoppelt. Es nimmt somit relativ etwas weniger zu als das Gewicht der Aorta und der Beckenarterien, das in dem gleichen Lebensabschnitt mehr als verdoppelt wird (s.S.41 u. S. 29).

Im Gegensatz zu der recht hohen Korrelation, die zwischen der Arterienwandmasse und dem Alter besteht, fand sich zwischen dem Gewicht der Femoralarterien und dem Körpergewicht nur eine sehr geringe Korrelation, die nicht signifikant ist (vgl. Tab.IX). Das Arteriengewicht verhält sich somit anders als das Gewicht parenchymatöser Organe, die erheblich vom Körpergewicht abhängen und durch dieses im allgemeinen stärker beeinflußt werden als durch das Alter. Während also an den Organgewichten das konsti-

**Gewichtszunahme der re. und li.
Femoralarterie mit dem fortschreitenden
Alter. (Nach Mittelgewichten einzelner
Altersstufen, s. Tbl. I)**

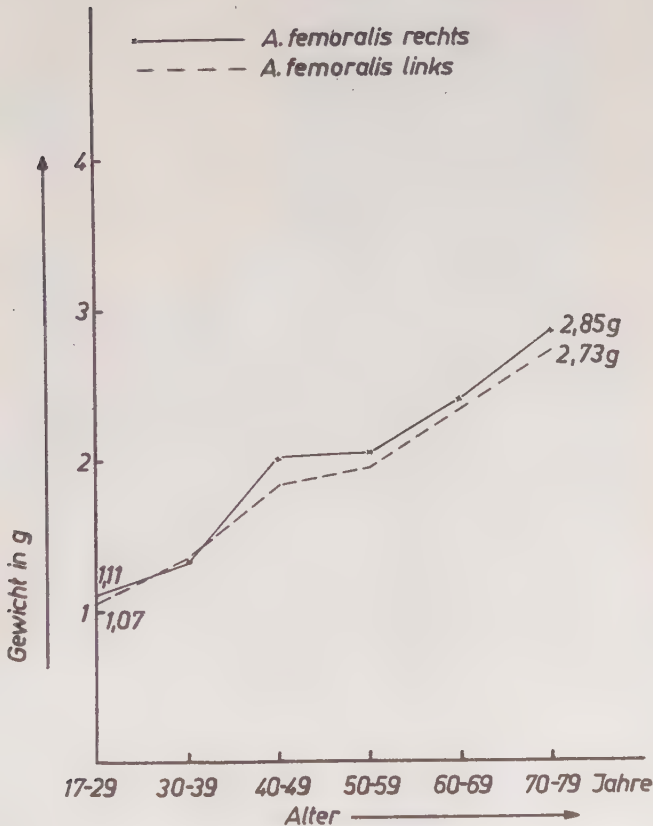


Abbildung X

Tabelle VIII: Beide Femorales

Log.d.Gew. Alter	Q20-	Q28-	Q36-	Q44-	Q52-	Q60-	Q68-	Q76-	Q84-	Sfx	x	x ²	Sfxx	Sfxx ²	Sfxy	S(fxy)x
17-	2	3	4							9	-4	16	-36	144	-25	+100
25-	1		2							3	-3	9	-9	27	-8	+24
33-		2	3	1	1					8	-2	4	-16	32	-10	+20
41-			3	2	2	3	1	1		14	-1	1	-14	14	+2	-2
49-			3	1	0	3	1	2		16	0	0	0	0		
57-			1	3	2	7	3	1	1	18	1	1	18	18	15	15
65-			1	1		5	9	4		20	2	4	40	80	31	62
73-						1	4	1	1	7	3	9	21	63	16	48
Sfy	3	6	16	8	11	21	18	10	2	95			4	3/8	21	267
y ²	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4							
y ²	16	9	4	1	0	1	4	9	16							
Sfyy	-12	-18	-32	-8	0	21	36	30	8	25						
Sfyy ²	48	54	64	8	0	21	72	90	32	389						

$\hat{y}_{1y} = 0,2632$
 $\hat{y}_{1y}^2 = 0,0693$
 $\hat{y}_{2y} = 4,0947$
 $\hat{y} = 2,0064$
 $Sy = 0,1605$
 $My = 0,5811$
 $\hat{y}_{1x} \text{ usw. , s. Tabelle VI}$

$\hat{r}_{yx} = 0,6996$
 $\hat{r}_{yx}^2 = 0,4894$
 $\hat{r}_{fyx} = 0,0524$
 $y = 0,2077 + 0,007 \cdot X$ (y = Log. des Arteriengewichtes)
 $b_{yx} = 0,007$

Beziehung zwischen dem Alter und den Logarithmen des Gewichtes beider A.a.femorales

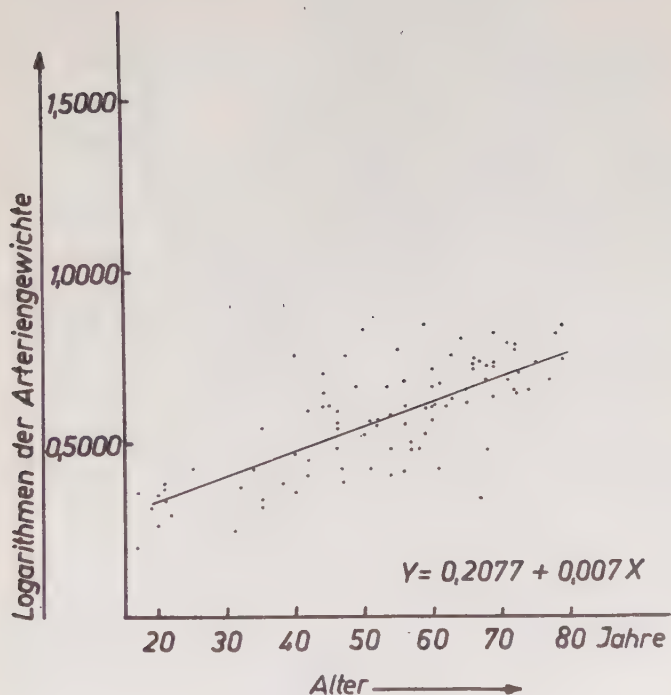


Abbildung XI

Tabelle IX: A.a. Femorales (Arterien­gewicht = y, Körpergewicht = x)

Körpergewic. Art., Gewicht	1,6-	2,4-	3,2-	4,0-	4,8-	5,6-	6,2-	7,0-	Sfx	x	x ²	Sfxx	Sf·xx ²	Sfxy	S(fxy)·x
Alter															
25-	1								1	-3	9	-3	9	-3	+9
35-		2		1			1	1	5	-2	4	-10	20	+3	-6
45-	3	7	2	3	3	1	1		20	-1	1	-20	20	-17	+17
55-	3	4	3	7	2	4	2	1	26	0	0			0	
65-	2	4	3	7	4	4	1		25	+1	1	25	25	-2	-2
75-	1	3	3	2	2				11	+2	4	22	44	-10	-20
85-			1			1	1		3	+3	9	9	27	+4	12
95-				1					1	+4	16	4	16	0	0
Sfy	10	20	12	21	11	10	6	2	92			+27	161	-25	+10
y	-3	-2	-1	0	1	2	3	4							
y ²	9	4	1	0	1	4	9	16							
Sfy·y	-30	-40	-12		11	20	18	8	-25						
Sfy·y ²	90	80	12		11	40	36	32	301						

$$r_{xy} = 0,0172 \pm 0,1026$$

tutionelle Moment sich stärker auswirkt, wird das Arterien-
gewicht durch den gleichen Faktor nur in einem ganz unbedeutenden
Ausmaß beeinflusst. Da aber das Körpergewicht nicht ohne weiteres
dem Konstitutionstyp gleichzusetzen ist, schließt die ermittelte
geringe Korrelation zwischen dem Arterien- und Körpergewicht
die Bedeutung der konstitutionellen Momente für die Entwicklung
der Arterienwandmasse noch nicht aus.

Die Gegenüberstellung der von uns ermittelten Gewichtszunahme einer 10 cm langen Strecke der Femoralarterien mit dem altersgebundenen Massenzuwachs ihres Arterienrohres, wie er an Hand anderer Untersuchungsmethoden ermittelt werden konnte, ergibt eine gewisse Übereinstimmung. So fand LINZBACH (1944) bei Männern eine Zunahme der Querschnittsfläche der A. femoralis, die er dem Volumen, also der Masse des Arterienrohres gleichsetzt, von $9,3 \text{ cm}^2$ im Alter von 20 - 30 Jahren auf $22,5 \text{ cm}^2$ im Alter von 70 - 79 Jahren. Berechnet man an Hand dieser Mittelwerte die prozentuale Zunahme des "Volumens", so bekommt man einen Wert von 142 %. Dieser Wert liegt etwas unter der relativen Gewichtszunahme der Femoralarteriengewichte, wie sie an unserem Material zu Tage tritt (156 %, s.Tab. I). Die Differenz beruht vermutlich in erster Linie auf den Unterschieden der angewandten Methoden. Auch die Werte, die an der Femoralarterie bereits 1880 von SCHIELE-WIEGANT ermittelt wurden, liegen in dem gleichen Größenbereich. Wie bereits dargelegt, hat SCHIELE-WIEGANT die Querschnittsflächen der Wandungen mehrerer Arterien, darunter auch der A. femoralis ("A. cruralis") in Höhe des Poupart'schen Bandes in verschiedenen Altersstufen ermittelt. Berechnet man auf Grund der in ihren Tabellen zusammengetragenen Meßwerte die durchschnittlichen Querschnittsflächen der Femoralis für die Altersstufen von 20 - 30 Jahren und über 60 Jahren, so ergibt sich eine relative Zunahme der

Querschnittsfläche der Femoralarterie von rund 159 %.

Stellt man die Zunahme der Gewichte der untersuchten Strecken des Arteriensystems mit dem fortschreitenden Alter gegeneinander, so ergibt sich, daß die entsprechenden Regressionskoeffizienten für die Aorten- und Beckenarteriengewichte gleich groß sind. Dementsprechend verlaufen auch die Regressionsgeraden, die die Beziehung zwischen den Logarithmen des Arteriengewichtes und dem Alter wiedergaben, parallel zueinander, d.h. unter dem gleichen Winkel zur Abszisse (s. Abb. XII). Die Gewichte der Beckenarterien und der Aorta nehmen also mit dem fortschreitenden Alter gleich stark zu, d. h. sie zeigen eine annähernd gleich hohe relative Zunahme. Die Regressionsgerade des Femoralisgewichtes verläuft dagegen etwas flacher, d. h. unter einem etwas geringeren Winkel zur Abszisse. Das Gewicht der Femoralis (s. auch S. 42) nimmt somit im Verlauf des Erwachsenenalters etwas weniger zu als das Gewicht der vorgeschalteten Arterienstrecken. Der Unterschied geht vermutlich auf eine geringere kreislaufmechanische Beanspruchung der Femorales im Vergleich zu dem mehr zentral gelegenen Anteilen des Arteriensystems zurück, die eine Windkesselfunktion erfüllen.

Der hohen Korrelation zwischen dem Alter und den Gewichten der untersuchten Arterien entspricht die ermittelte hohe direkte positive lineare Korrelation zwischen den logarithmierten Gewichten der einzelnen Arterienstrecken, wie wir sie beispielsweise zwischen der Brustaorta und der A. femorales feststellen konnten ($r = +0,7441 \pm 0,0458$, s. Tab. X). Auch unter Ausschluß des Alters ergab sich zwischen den Logarithmen der Gewichte beider Arterienstrecken (Brustaorta und Aa. femorales) eine signifikante positive Korrelation ($+ 0,3978 \pm 0,0864$).

*Regressionsgeraden, die die Beziehung
zwischen dem Alter und den logarithmierten
Arterien Gewichte anzeigen*

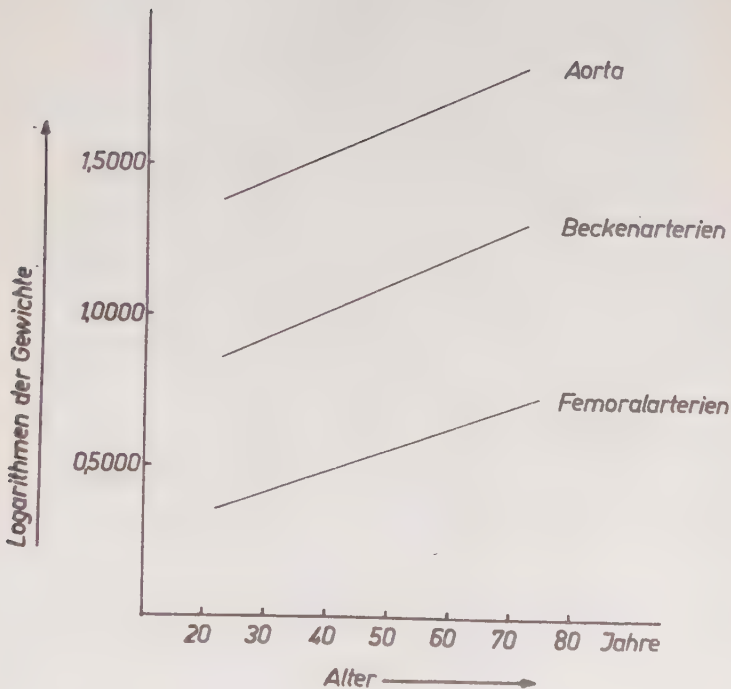


Abbildung XII

Tabelle XI: Femoralis / Brustaorta

Femoralis Brustaorta	Q20-	Q28-	Q36-	Q44-	Q52-	Q60-	Q68-	Q76-	Q84-	Sfy	y	y ²	Sfyy	Sfyy ²	Sfyy·s(fyy)	S(fyy)·y
1,000-		1								1	-5	25	-5	25	-3	15
1,0800-	1									1	-4	16	-4	16	-4	16
1,1600-	1	3	2							6	-3	9	-18	54	-17	51
1,2400-	1		1			1				3	-2	4	-6	12	-5	10
1,3200-	1	4			1		1			7	-1	1	-7	7	-9	9
1,4000-			4	4	2	2				12	0	0	0	0	0	0
1,4800-			3		1	4	1	2		11	1	1	11	11	+6	6
1,5600-	1		2	4	6	4	1	2		20	2	4	40	80	+1	+2
1,6400-					9	9	11	3		23	3	9	69	20	40	12
1,7200-					1	1	4	3	2	11	4	16	44	176	26	104
Sfx	3	6	16	8	11	21	18	10	2	95			124	588	35	334
x	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4							
x ²	16	9	4	1	0	1	4	9	16							
Sfxx	-12	-18	-32	-8	0	21	36	30	8	+25						
Sfxx ²	48	54	64	8	0	21	72	90	32	389						

$\bar{f}_{yx} = +0,7441 \pm 0,0458$
 Nach Ausschluß des Alters: $\bar{f}_{yx \cdot z} = 0,3978 \pm 0,0864$

Unsere Untersuchung ergab somit eine starke Zunahme des durchschnittlichen Gewichtes der Beckenarterien mit dem fortschreitenden Alter, wobei die Arterienwandmasse zwischen dem 25. und 65. Lebensjahr, wie bereits dargelegt, mehr als verdoppelt wird. Ebenso wie an der Aorta und anderen bis jetzt untersuchten Gefäßen, beginnt dieser altersgebundene Anstieg des Arteriengewichtes in den jüngeren Altersstufen und stellt, zeitlich gesehen, eine unmittelbare Fortsetzung der wachstumsbedingten Massenzunahme dar. Der Gewichtszuwachs tritt somit noch vor dem Erscheinen der herdförmigen atherosklerotischen Affektionen ein. Dies läßt die Annahme berechtigt erscheinen, daß der altersgebundene Massenzuwachs des Gefäßrohres auch an den Beckenarterien zu einem erheblichen Teil auf diffusen Wandveränderungen beruht, d.h. auf einer Zunahme des Arterienkalibers, der Arterienlänge und einer Verdickung der Arterienwand. Mit dieser Annahme stimmt die Beobachtung überein, daß das Aortengewicht, wie bereits früher gezeigt wurde, auch in Abwesenheit stärkerer herdförmiger sklerotischer Läsionen zwischen 20 und 60 Jahren verdoppelt wird.

Die festgestellte starke Zunahme des Gewichtes der Beckenarterien mit dem fortschreitenden Alter wird jedoch sicherlich auch durch ausgeprägte herdförmige atherosklerotische Affektionen dieses Arterienabschnittes mitbedingt, wie sie nicht selten schon in den mittleren Altersstufen zu Tage treten und im weiteren Verlauf des Lebens häufig stärkste Grade erreichen. - Die Ursachen dieser verstärkten atherosklerotischen Läsion der Beckenarterien ist noch nicht genau zu übersehen. Sicher erscheint jedoch die atherosklerosefördernde Wirkung der kreislaufmechanischen Momente. So könnte der häufige und stärkere Befall der proximalen medialen Wände der Aa. iliacae communes an der Aortenbifurkation, d.h. im Bereich des Teilungssporms nach TEXON (1963) auf einer relativen Zunahme der Strömungsge-

schwindigkeit, dadurch bedingter Abnahme des hydrostatischen Druckes und einer Art Sogwirkung an diesen Wandpartien beruhen. Von einer Bedeutung könnte auch der Kurven- bzw. Bogen-artige Verlauf der Beckenarterien sein, bei dem bekanntlich weitere erhöhte Belastungen der Arterienwände und somit Voraussetzungen einer verstärkten Entwicklung atherosklerotischer Läsionen zustande kommen. Noch ungeklärt ist die Frage, inwiefern der Übergang vom elastischen zum muskulären Arterienrohr, der im Bereich der Beckenarterien erfolgt, funktionell und strukturell einem Locus minoris resistentiae darstellt und einen weiteren Atherosklerose-fördernden Faktor darstellt. In diesem Zusammenhang sollte auch die Frage geklärt werden, ob die großen muskulären Arterien, die unmittelbar an den elastischen Windkessel angeschlossen sind, auf Grund ihrer besonderen funktionellen Beanspruchung eher und stärker von Atherosklerose befallen werden als die weiter peripher liegenden Arterienstrecken. Im Hinblick auf die mitunter schweren Folgen der Atherosklerose der Beckenarterien dürfte die Klärung dieser Fragen auch von einer praktischen Bedeutung sein.

Zusammenfassung

1. In 95 Sektionsfällen wurden die Frischgewichte der freipräparierten Gesamtaorta, der *A. ilica communes* und der *A. ilica externa* der beiden Körperseiten sowie einer 10 cm langen Strecke der *A. femoralis*, ebenfalls beiderseits, bestimmt. Das Untersuchungsgut umfaßte nur männliche Verstorbene im Alter von 17 bis 79 Jahren. Hypertonie-Fälle sind im Material nicht enthalten.
2. An allen untersuchten Strecken des Arteriensystems fand sich eine hoch gesicherte, positive, direkte Korrelation zwischen den logarithmierten Arteriengewichten und dem Alter. Der Korrelationskoeffizient betrug an der Aorta $+ 0,8585 \pm 0,0136$, an den Beckenarterien $+ 0,7780 \pm 0,0333$ und an den Femoralarterien $+ 0,6996 \pm 0,0524$.
3. Zwischen dem Arteriengewicht und dem Körpergewicht besteht dagegen keine signifikante Korrelation.
4. Die Gegenüberstellung der Regressionskoeffizienten bzw. der Regressionsgeraden, die die Beziehung zwischen dem Alter und Arteriengewicht wiedergeben, ergab, daß die Beckenarterien mit dem fortschreitenden Alter ebenso stark an Gewicht zunehmen als die Aorta. Die Femorales zeigten demgegenüber einen etwas geringeren relativen Gewichtszuwachs.
5. Entsprechend der hohen direkten Korrelation zwischen dem Alter und Gewicht der untersuchten Arterienstrecken besteht auch zwischen den Gewichten der einzelnen Arterien eine hohe direkte Korrelation.
6. Für das Alter von 25 und 65 Jahren ergaben sich nach den aufgestellten Regressionsgleichungen an der Aorta ein Gewicht von 25 g bzw. 57,4 g, an den Beckenarterien 7,6 g bzw. 17,4 g, an den Femoralarterien 2,4 g bzw. 4,6 g (Gesamtgewichte beider Femorales).

7. Seitenbedingte Unterschiede des Arteriengewichtes konnten an den untersuchten Becken- und Femoralarterien nicht nachgewiesen werden.
8. Die Gewichtszunahme der Arterien mit dem fortschreitenden Alter wird in Übereinstimmung mit den früheren Angaben als Gradmesser der diffusen und herdförmigen sklerotischen Veränderungen des Arterienrohres aufgefaßt.

Literaturverzeichnis

1. ASCHOFF, Ludwig:
Über Arteriosklerose. Verh.Dtsch.Ges.inn.Med. 51, (München 1939), 214 - 237.
2. BENEKE, Friedrich Wilhelm:
Über das Volumen des Herzens und die Weite der A. Pulmonalis und Aorta ascendens in den verschiedenen Lebensaltern.
Schriften der Ges. zur Förderung des ges. Naturwiss.
MarburgBd. 11, Suppl. (Kassel 1879).
3. BENEKE, Friedrich Wilhelm:
Über die Weite der Iliacae communes, Subclaviae und Carotides communes in den verschiedenen Lebensaltern.
Schriften der Ges. zur Förderung der Natur wiss. Marburg
Bd. 11, Suppl. III (Kassel 1879).
4. BENEKE, Friedrich Wilhelm:
Über die Weite der Aorta thoracica und abdominalis in verschiedenen Lebensaltern.
Schriften der Ges. zur Förderung der ges. Natur wiss. Marburg
Bd. 6, Teil I (Berlin 1930).
5. BENNINGHOFF, A.:
Blutgefäße und Herz.
Handbch.d.mikr.Anat. des Menschen, herausgg.v. W.v.MÖLLENDORFF,
Bd. VI, Teil I (Berlin 1930).
6. BÜRGER, M.:
Ztschr. Neurol. u. Psych. 167, 273 - 280 (1939)
7. BÜRGER, M.:
Altern und Krankheit
90 - 219, (Leipzig 1957)
8. BÜRGER, M. und Schlönka, G.:
Zschr. exper. Med. 55, 287 - 300 (1927)

9. BÜRGER, M. und SCHLOMKA, G.:
Zschr. exper. Med. 58, 710 (1928); 61, 465 (1928), 63, 105 (1928).
10. BUDDECKE, E.:
Angiochemische Alterswandelungen des Aortenbindegewebes,
Verhandlungen d.deutsch.Gesellschaft für Kreislaufforschung,
Bd. 24, 143-153 (1958)
11. DIETERICH, K.:
Verhalten der Wand und Wandbestandteile der Arterien bei exper.
Änderungen ihrer Lichtung.
Verh.dtsch.path.Ges. 25, 265-272 (1930)
12. DANDERS, L.:
Arch.physiolog.Heilk. 7 (1948)
13. FABER, A.:
Die Arteriosklerose (Jena 1912)
14. FABER, M. und F. LUND:
Arch. of Path.48, 351 (1949)
15. FREY, M.:
Z. Neur. 167, 237 (1939)
16. FREY, M.:
Z. Kreislaufforschung 33, 689 (1941)
17. GIMBERT, L.:
J.Anat. Paris 36-40, 536 (1865)
18. HENLE, F.G.:
J. Handbuch der Gefäßlehre, S. 70. Braunschweig 1868
19. HESSE, L.:
Über die pathologischen Veränderungen der Arterien der oberen
Extremitäten.Virschows Arch., Path.Anat. 261, 225-252 (1926)
20. HEVELKE, G.:
Vergleichende angiochemische Untersuchungen der A. brachialis und
A. femoralis.
Z.Alternsforsch. 8, 219 (1955)

21. HEVELKE, G.:

Die Angiochemie der Gefäße und ihre physiologischen Alterswandlungen,

Verhandlung d. deutschen Gesellschaft für Kreislaufforschung,
Bd. 24, 131-142 (1958)

22. HIERONYMI, G.:

Über den altersbedingten Formwandel elastischer und muskulärer Arterien.

Sitzungsberichte d. Heidelberger Akad.d.Wissenschaften, Heidelberg, Springer Verlag 1956.

23. HOLLE, G.:

Lokalisationsfragen bei Arteriosklerose unter besonderer Berücksichtigung der Schenkelarterie.

Zbl.Chir. 39 (1954).

24. HORT, W.:

Verh.Dtsch.Ges.Path. 1957, 157-160.

25. HWILIWITZKAJA, M.:

Virschows Arch. 261, 543-564 (1926)

26. KANI, I:

Systematische Lichtungs- und Dickenmessungen an großen Arterien und ihre Bedeutung für die Pathologie der Gefäße.

Virschows Arch.path.Anat. 201, 45-78 (1910).

27. KARSNER, H.T.:

Trans.Assoc.Amer.Physicians 53; 54 (1938)

28. KEUENHOF, W. und KOHL, H.:

Z.exper.Med. 99, 645 (1936)

29. KLINGELHÖFER, D. und MEYER, W. W.:

Vergleichende mikrometrische Untersuchungen an den entfalteten und retrahierten muskulären Arterien der oberen und unteren Extremitäten.

Virschows Arch.path.Anat. 335, 529-543 (1962)

30. KÖLLIKER, A.:
Handbuch der Gewebslehre des Menschen, 5. Aufl. (1867)
31. KREUZFUCHS, E.:
Münch.med.Wschr. 83, 681 (1936)
32. LANGHANS, TH.:
Virschows Arch. 36, 187-266 (1886)
33. LINZBACH, A.J.:
Vergleich der dystrophischen Vorgänge an Knorpel und Arterien
als Grundlage zum Verständnis der Arteriosklerose,
Virschows Arch. 311, 432-508 (1943)
34. MEYER, W.W.:
Über das normale und pathologische Gewicht der Aorta erwachsener
Menschen in seiner Beziehung zur Arteriosklerose.
Virschows Arch.path.Anat. 320, 67-79 (1951)
35. MEYER, W.W.:
Zur Morphologie der hypertrophischen Arteriosklerose im kleinen
und großen Kreislauf. Zugleich ein Beitrag zur Bedeutung diffu-
ser sklerotischer Arterienveränderungen im Gesamtgeschehen der
Arteriosklerose. Bull.schweiz.Akad.med.Wiss. 131, 115-126 (1957)
36. MEYER, W.W. und BECK, H.:
Das röntgenanatomische und feingewebliche Bild der Arteriosklero-
se im intrakraniellen Abschnitt der A. Carotis interna.
Virschows Archiv 326, 700-731 (1955)
37. MEYER, W.W. und RICHTER, H.:
Das Gewicht der Lungenschlagader als Gradmesser der Pulmonalarter-
riensklerose und als morphologisches Kriterium der pulmonalen
Hypertonie.
Virschows Archiv 328, 121-156 (1956)
38. MEYER, W.W.:
Die Lebenswandlungen der Struktur von Arterien und Venen.
Verh.dtsch.Ges.Kreislaufforschung 24, 15-40 (1958)
39. MEYER, W.W. und HENSCHEL, E.:
Untersuchungen über die Schlängelung und Sklerose der Milzarte-
rie.
Virschows Arch.path.Anat. 331, 396-416 (1958)

40. MÖNCKEBERG, J.G.:
Virschows Arch. 171, 141 (1903)
41. MÖNCKEBERG, J.G.:
Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkrieg 1914/18,
8, 8 (1921)
42. RÖSSLE, R.:
Wachstum und Altern der großen Arterien und ihrer Beziehung
zur Pathologie des Gefäßsystems.
Münch.med.Wschr. 57, 993 (1910)
43. RÖSSLE, R. und ROULET, F.:
Maß und Zahl in der Pathologie.
Berlin und Wien: Springer 1932
44. SCHEEL, O.:
Gefäßmessungen und Arteriosklerose.
Virschows Arch. 191, 135-167 (1908)
45. SCHIELE-WIEGANDT, V.:
Über Wanddicke und Umfang der Arterien des menschlichen Körpers.
Virschows Arch. 82, 27-39.
46. SIMON, E. und MEYER, W.W.:
Klin.Wschr. 424-432 (1958)
47. SUTER, F.:
Arch.exper.Path.Pharm. 39, 289-332 (1897)
48. THOMA, R.:
Untersuchung über Größe und Gewicht der anatomischen Bestandteile
des menschlichen Körpers.
Stuttgart (1882)
49. THOMA, R.:
Über die Abhängigkeit der Bindegewebsneubildung in der Arterien-
intima von den mechanischen Bedingungen des Blutumlaufes.
Virschows Arch. 93, 443-505 (1883)
50. THOMA, R.:
Über die Elastizität gesunder und kranker Arterien.
Virschows Arch. 116, 1-27 (1889)

51. THOMA, R.:

Über die Intima der Arterien.

Virschows Arch. 230, 1-45 (1921)

52. WELLMAN, W.E. und EDWARDS, J.E.:

Arch.of Path. 50, 183 (1950)

Lebenslauf

Ich wurde am 6. 7. 1935 als Sohn des Landwirts Hassan Moinian-Bagheri und seiner Ehefrau Irandocht Moinian-Bagheri in Rafsandjan (Persien) geboren. Mit 7 Jahren bin ich in meiner Heimatstadt eingeschult worden und habe bis August 1952 dort die Schule besucht. Im Dezember des selben Jahres kam ich nach Deutschland. Auf einem Realgymnasium in Hamburg habe ich Ostern 1957 mein Abitur absolviert. Im Mai des gleichen Jahres habe ich mein Medizinstudium an der Philipps-Universität in Marburg an der Lahn begonnen, wo ich dann im Februar 1960 mein Physikum und im August 1963 mein Staatsexamen absolvierte.

Den experimentellen Teil meiner Doktorarbeit habe ich während meines Studiums unter der freundlichen Leitung meines Doktorvaters, Herrn Professor Dr. med. W. W. Meyer, im Pathologischen Institut der Marburger Universität durchgeführt. In meiner Medizinalassistentenzeit habe ich dann den schriftlichen Teil dieser Arbeit fertiggestellt.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren:
In Marburg / Lahn: Niessing, Petry, Seidel, Pirson, Walcher, Dimroth, Mahr, Hensel, Bücher, Schwaiger, Gedigk, Maurath, Bock, Würterle, Huber, Müller, Siegert, Linneweh, Jakob, Berendes, Braun-Falco, Förster, v. Manger-König, Meyer, du Mesnil de Rochemont, Neubauer, Schmid, Schölmerich, Hartmann, Heuser, Straub.

Mein herzlichster Dank gilt meinem Doktorvater
und Lehrer, Herrn Prof. Dr. med. W. W. Meyer,
dessen lehrreicher Führung und tatkräftiger
Unterstützung ich diese Arbeit zu verdanken habe.

Ganz besonders danke ich auch meinem Lehrer, Herrn
Prof. Dr. med. Gedigk, Direktor des Pathologischen
Institutes der Philipps-Universität, daß er mir
die Gelegenheit gab, in seinem Institut meine
Doktorarbeit fertig zu stellen.



